



Всероссийский
научно-исследовательский
институт рыбного хозяйства
и океанографии

ISSN: 2307-3497

2022 г. Т. 187

ТРУДЫ ВНИРО



Труды Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор	Глубоковский М.К., научный руководитель ФГБНУ «ВНИРО», профессор кафедры Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, д.б.н. (Москва, Россия)
Ответственный редактор	Орлов А.М., гл. научный сотрудник ФГБНУ «ВНИРО», зав. лабораторией ФГБНУ «Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН», д.б.н. (Москва, Россия)
Научный редактор	Карпинский М.Г., гл. научный сотрудник ФГБНУ «ВНИРО», д.б.н. (Москва, Россия)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Абрамова Л.С., зам. руководителя Департамента ФГБНУ «ВНИРО», д.т.н., профессор (Москва, Россия)
 Архипкин А.И., ст. научный сотрудник, зав. научной секцией Департамента рыболовства Фолклендских островов, к.б.н. (Стенли, Фолкленды)
 Баликин П.А., гл. научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН», д.б.н. (Ростов-на-Дону, 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)
 Бетин О.И., советник директора ФГБНУ «ВНИРО», д.э.н., профессор (Москва, Россия)
 Бизиков В.А., зам. директора по научной работе ФГБНУ «ВНИРО», д.б.н. (Москва, Россия)
 Бишиш Р.Дж., сотрудник Тихоокеанской биологической станции, доктор наук, почетный ученый (Нанаймо, Канада)
 Булгакова Т.И., гл. научный сотрудник, ФГБНУ «ВНИРО», д.т.н. (Москва, Россия)
 Васильев Д.А., начальник отдела ФГБНУ «ВНИРО», д.т.н. (Москва, Россия)
 Габриелян Б.К., директор Научного Центра Зоологии и Гидроэкологии Национальной Академии Наук Республики Армения, д.б.н., профессор (Ереван, Армения)
 Галактионов К.В., зав. лабораторией ФГБНУ «Зоологический институт РАН», д.б.н., профессор РАН (Санкт-Петербург, Россия)
 Долгов А.В., гл. научный сотрудник Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО им. Н.М. Книповича»), д.б.н., доцент (Мурманск, Россия)
 Животовский Л.А., зав. лабораторией ФГБНУ «Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН», гл. научный сотрудник ФГБНУ «ВНИРО», д.б.н., профессор (Москва, Россия)
 Кантор Ю.И., ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН», д.б.н. (Москва, Россия)
 Клетьер А.Н., гл. научный сотрудник ФГБНУ «Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН», д.б.н. (Москва, Россия)
 Крикунов Е.А., профессор кафедры ихтиологии Биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, д.б.н., член-корреспондент РАН (Москва, Россия)
 Лабай В.С., зав. лабораторией Сахалинского филиала 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)
 Лендъел П., начальник отдела развития аквакультуры, Министерство сельского хозяйства Венгрии (Сарваш, Венгрия)
 Лукин А.А., зам. нач. учреждения - начальник ФСГЦР филиал ФГБУ «Главрыбвод», д.б.н., профессор (Ропша, Россия)
 Мизюркин М.А., гл. научный сотрудник, Тихоокеанский филиал 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 ФГБНУ «Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН», д.б.н. (Москва, Россия)
 Папцов А.Г., директор ФГБНУ «Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства», д.э.н., профессор, академик РАН (Москва, Россия)
 Пахомов Е.А., профессор Университета Британской Колумбии, к.б.н. (Ванкувер, Канада)
 Пинчук А.И., доцент Университета Аляски, к.б.н. (Джуно, США)
 Подкорытова А.В., гл. научный сотрудник ФГБНУ «ВНИРО», д.т.н., профессор (Москва, Россия)
 Политов Д.В., гл. научный сотрудник, зав. лабораторией ФГБНУ «Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН», д.б.н. (Москва, Россия)
 Радченко О.А., директор Института биологических проблем Севера Дальневосточного отделения РАН, д.б.н., профессор (Магадан, Россия)
 Романов Е.В., руководитель проектов Технического центра по исследованию и освоению водной среды, к.б.н. (Ле Порт, Реюньон, Франция)
 Рубан Г.И., гл. научный сотрудник ФГБНУ «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН», д.б.н. (Москва, Россия)
 Семин А.Н., зав. кафедрой стратегического и производственного менеджмента ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», д.э.н., профессор, академик РАН (Екатеринбург, Россия)
 Серегин С.Н., советник директора ФГБНУ «ВНИРО», д.э.н., профессор (Москва, Россия)
 Труба А.С., консультант по экономическим вопросам ФГБНУ «ВНИРО», д.э.н., доцент (Москва, Россия)
 Харенко Е.Н., зам. директора по научной работе ФГБНУ «ВНИРО», д.т.н., доцент (Москва, Россия)
 Шунтов В.П., гл. научный сотрудник Тихоокеанского филиала 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. 25,5
 Тираж 300 экз.
 Подписан в печать 10.06.2022 г.

Адрес редакции:
 105187, Москва, проезд Окружной, 19.
 Тел.: 8-499-264-65-33
 E-mail: trudy@vniro.ru
 © ФГБНУ «ВНИРО», 2021

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, Professor, Scientific Supervisor of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia
- Executive editor** – Orlov A.M., Doctor of Biological Sciences, Chief Scientist «VNIRO», Head of the laboratory of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, 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
- Arkhipkin A.I.*, Candidate of Biological Sciences, Senior Scientist, Head of the scientific section of the Falkland Islands Fisheries Department, Stanley, Falklands
- Balykin P.A.*, Doctor of Biological Sciences, Deputy Head of the department, Chief Scientist of the Federal Research Center Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, 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)
- Betin O.I.*, Doctor of Economical Sciences, Professor, Advisor to the Director of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia
- 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
- Bulgakova T.I.*, Doctor of Technical Sciences, Chief Scientist of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia
- 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, Associate Professor, Deputy Director for scientific work 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
- 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)
- Lukin A.A.*, Doctor of Biological Sciences, Professor, Deputy head of the Federal Selection and Genetic Center of Fish Farming, Branch of «Glavrybvod», Ropsha, 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
- Papstov A.G.*, Doctor of Economical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the Russian Research Institute of Agricultural Economics of the Federal Research Center for Agricultural Economics and Social Development of Rural Territories, Moscow, Russia
- Pinchuk A.I.*, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, University of Alaska, Juneau, USA
- Podkorytova A.V.*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Scientist of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia
- Polotov 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 Port, 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
- Truba A.S.*, Doctor of Economical Sciences, Associate Professor, Consultant on Economic Issues 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
- Zhivotovsky L.A.*, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the laboratory of the Vavilov Institute of General Genetics of the Russian Academy of Sciences, Chief Scientist of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОМЫСЛОВЫЕ ВИДЫ И ИХ БИОЛОГИЯ

<i>Стесько А.В.</i> К вопросу о выживаемости камчатского краба при траловом лове в Баренцевом море	5
<i>Моисеев С.И., Сологуб Д.О., Слизкин А.Г., Лысенко А.В.</i> Динамика индексов состояния запаса синего краба в западной части Берингова моря в 2005-2021 гг.	18
<i>Буяновский А.И.</i> Определение площади промысловых скоплений крабов по данным промысловой статистики.	33
<i>Марченко С.Л., Мазникова О.А., Кульбачный С.Е., Кириллова Е.А.</i> Аннотированный список рыбообразных и рыб пресных вод материкового побережья Охотского моря	48
<i>Ельников А.Н., Зеленников О.В.</i> Нерка острова Итуруп. 1. Новые данные о состоянии популяций в озёрах Сопочное и Красивое	65
<i>Шейбак А.Ю., Антонов Н.П., Кузнецова Е.Н.</i> Состояние и структура запаса минтая в Охотском море в 2011-2020 гг.	71
<i>Рожнов В.В., Бизиков В.А., Магомедов М.-Р.Д., Соловьёва М.А., Шипулин С.В., Кузнецов В.В., Суворова И.В., Сидоров Л.К., Белокобыльский И.Ф., Проскурина В.В.</i> О гибели каспийских тюленей на дагестанском побережье Каспийского моря осенью 2020 г. и её возможных причинах	87

ВОДНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

<i>Амосова В.М., Зезера А.С., Голубкова Т.А.</i> Влияние факторов среды на величины запасов рыб в Балтийском море	110
--	-----

АКВАКУЛЬТУРА

<i>Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Артемов Р.В., Никонова И.Н., Арнаутков М.В., Артемов А.В., Гершунская В.В.</i> Оценка эффекта применения комбикормов с различным уровнем белка для молоди австралийского красноклешневого рака в условиях УЗВ	128
<i>Биндюков С.В., Бурлаченко И.В., Баскакова Ю.А., Артемов Р.В., Арнаутков М.В., Новоселова Ю.А., Гершунская В.В.</i> Опыт замены рыбьего жира растительными маслами в комбикормах для радужной форели	138

СРЕДА ОБИТАНИЯ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

<i>Ившин В.А.</i> Трендовые изменения температуры воды в придонном слое Баренцева моря в летний сезон 2004-2019 гг. . .	149
--	-----

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ

<i>Сопина А.В., Харенко Е.Н., Яричевская Н.Н.</i> Актуализация норм выхода продуктов переработки минтая на основе статистического анализа данных опытно-контрольных работ. Сообщение 2. Актуализация норм выхода продуктов переработки минтая Западно-Берингоморской, Восточно-Камчатской, Северо- и Южно-Курильской зон.	161
--	-----

ЭКОНОМИКА, МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО И НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

<i>Колончин К.В., Серёгин С.Н., Горбунова М.А.</i> Возможные направления решения проблемы обеспечения новых требований потребления рыбной продукции. . .	170
<i>Курманова А.Х., Дусаева Е.М., Труба А.С.</i> Учёт и контроль в цифровой среде для обеспечения устойчивого развития рыбохозяйственного комплекса России . .	180

ИНФОРМАЦИЯ

<i>Углова Т.Ю., Марченко С.Л.</i> Биологическая характеристика производителей тихоокеанских лососей о. Парамушир и о. Шумшу в 2021 году. . .	190
---	-----

CONTENTS

COMMERCIAL SPECIES AND THEIR BIOLOGY

<i>Stesko A.V.</i> On the question of survival of the red king crab in trawl bycatches in the Barents Sea.	5
<i>Moiseev S.I., Sologub D.O., Slizkin A.G., Lysenko A.V.</i> Dynamics of indices of the state of the blue king crab stock in the western part of the Bering Sea in 2005-2021. .	18
<i>Buyanovsky A.I.</i> Determination of the commercial crab aggregations area on the data of fisheries statistics.	33
<i>Marchenko S.L., Maznikova O.A., Kulbachny S.E., Kirillova E.A.</i> Annotated list of fish-like vertebrates and fishes of the fresh water bodies of continental coast of the Sea of Okhotsk	48
<i>Elnikov A.N., Zelennikov O.V.</i> Sockeye salmon of Itupupisland. 1. New status data populations in lakes Sopochnoe and Krasivoe	65
<i>SheibakA.Yu., Antonov N.P., Kuznetsova E.N.</i> Condition and structure of pollock stock in the Sea of Okhotsk in 2011-2020.	71
<i>Rozhnov V.V., Bizikov V.A., Magomedov M.-R.D., Solovyeva M.A., Shipulin S.V., Kuznetsov V.V., Suvorova I.V., Sidorov L.K., Belokobylsky I.F., Proskurina V.V.</i> Death of the Caspian seals on the Dagestan coast of the Caspian Sea in the autumn of 2020 and its possible reasons.	87

AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES

<i>Amosova V.M., Zezera A.S., Golubkova T.A.</i> Influence of environmental factors on fish stocks in the Baltic Sea	110
---	-----

AQUACULTURE

<i>Borisov R.R., Kovatcheva N.P., Artemov R.V., Nikonova I.N., Arnautov M.V., Artemov A.V., Gershunskaya V.V.</i> Efficiency assessment of the use of compound feeds with protein different levels for juveniles Australian red claw crayfish in RAS conditions.	128
<i>Bindukov S.V., Burlachenko I.V., Baskakova Y.A., Artemov R.V., Arnautov M.A., Novoselova Y.A., Gershunskaya V.V.</i> Fish oil replacement with vegetable oils in compound feeds for rainbow trout	138

HABITAT OF AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES

<i>Ivshin V.A.</i> Water temperature trends in the bottom layer of the Barents Sea in the summer season for the period 2004-2019.	149
--	-----

AQUATIC BIORESOURCES PROCESSING TECHNOLOGIES

<i>Sopina A.V., Kharenko E.N., Yarichevskaya N.N.</i> Updating the rates of output of pollock processing products based on statistical analysis of experimental data. Message 2. Updating the rates of walleye pollock processing products in the West Bering Sea, East Kamchatka, North and South Kuril zones	161
---	-----

ECONOMICS, INTERNATIONAL COOPERATION AND REGULATORY BASES OF FISHERIES MANAGEMENT

<i>Kolonchin K.V., Seregin S.N., Gorbunova M.A.</i> Possible ways of solving the problem of providing new requirements for the consumption of fish products.	170
<i>Kurmanova A.H., Dusaeva E.M., Truba A.S.</i> Accounting and control in the digital environment to ensure the sustainable development of the Russian fisheries complex.	180

INFORMATION

<i>Uglova T.Yu., Marchenko S.L.</i> Biological characteristics of Pacific salmon spawners of the Paramushir Island and Shumshu Island in 2021.	190
--	-----



Промысловые виды и их биология

К вопросу о выживаемости камчатского краба при траловом лове в Баренцевом море

А.В. Стеско

Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО») им. Н.М. Книповича), ул. Академика Книповича, 6, г. Мурманск, 183038
E-mail: stesko@pinro.ru

Цель: исследовать выживаемость камчатского краба при траловом лове в условиях проведения исследовательской съёмки.

Метод: В 2020–2021 г. в рамках траловой съёмки камчатского краба в Баренцевом море проведены работы по передержке особей краба на открытой палубе с фиксацией жизненного состояния через заданные промежутки времени. В целях определения отсроченной смертности имитировали выпуск в естественную среду обитания: животных помещали в специальный садок (конусная ловушка), который опускали за борт судна в морскую воду на глубину 15 м на срок от 1,5 ч и более в зависимости от погодных условий. Также использовали данные о состоянии среды в районе работ и данные о количестве травмированных особей в уловах.

Новизна: исследования в выживаемости камчатского краба в условиях Баренцева моря при траловом лове с имитацией выпуска в среду обитания проведены впервые. Близкие по тематике работы в Баренцевом море выполнялись на примере ловушечного лова.

Результаты: на открытой палубе при температуре воздуха от 3,0 до 12,0 °С и передержке менее 3 ч смертность крабов была крайне низкой, составив максимум 2,5% от количества особей в эксперименте. В течение следующих 3–5 ч могло погибнуть до 40% крабов, а при передержке более 5 ч – до 59%. Средняя доля погибших крабов при передержке 3–5 ч составила $5,4 \pm 0,3\%$, более 5 ч – $23,4 \pm 1,2\%$ и возросла с повышением температуры воздуха: при условиях свыше 10,0 °С 100%-ной выживаемости крабов уже не наблюдалось. Отсроченная смертность крабов при симуляции выпуска в естественную среду обитания (при передержке в садке от 1,5 до 11,5 ч) в среднем составляла 11%.

Практическая значимость: результаты работы могут быть использованы при совершенствовании действующих Правил рыболовства на Северном рыбохозяйственном бассейне, совершенствовании оценок запаса камчатского краба. Статья не предназначена для расчётов возможного ущерба по результатам контрольно-проверочных мероприятий.

Ключевые слова: Баренцево море, траловый донный промысел, камчатский краб, приловы, выживаемость.

On the question of survival of the red king crab in trawl bycatches in the Barents Sea

Alexej V. Stesko

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

The aim: Investigation of the survival rate of the red king crab during trawl fishing under the conditions of a research survey.

The methods: The paper based on works which were completed in 2020–2021 through the trawl survey in the Barents Sea. King crabs were overexposed on the open deck of the research vessel and after that they were kept in traps and dropped out in the sea water of 15 m depth and kept there more than 1.5 hours. Crabs health conditions were checked after the experiments. We also used data on the state of the environment in the area of work and data on the number of injured individuals in the catches.

The newness: This is a first complex research of king crabs survivability on the Barents Sea during the trawl catch. The same works were provided on the Barents Sea through traps.

The results: On an open deck at an air temperature of 3 to 12 °C and overexposure of less than 3 hours, the mortality of crabs was extremely low, amounting to a maximum of 2.5% of the number of individuals in the experiment. Over the next 3–5 hours, up to 40% of crabs could die, and if overexposed for more than 5 hours, up to 59%. The average proportion of dead crabs during overexposure of 3–5 hours was $5.4 \pm 0.3\%$, more than 5 hours – $23.4 \pm 1.2\%$ and increased with increasing air temperature: under conditions above 10 °C 100% survival were never seen. The average delayed mortality in the simulation of release of crabs into the sea was 11 percent.

The practical significance: The results could be used for improving of fishery rules on the North fishery basin and red king crabs stock assesment. The article is not intended to calculate possible damage based on the results of control activities.

Keywords: the Barents Sea, bottom trawl fishery, the red king crab, survival rate, by-catch.

ВВЕДЕНИЕ

В мировой рыболовной практике широко применяются различные меры по ограничению приловов одних видов при осуществлении промысла других. Они закреплены в различных нормативных актах, от национальных правил ведения промысла в исключительных экономических зонах государств до международных соглашений, распространяющихся на международные воды. Законодатель создаёт дополнительные барьеры для осуществления нерегулируемого промысла ценных видов, пресекает использование орудий лова, не предназначенных для лова тех или иных видов водных биоресурсов, а также способствует сохранению их запасов, особенно, если речь идёт о приловах особей, запрещённых к изъятию.

Виды прилова можно разделить на две основные категории — это объекты, которые можно и нужно пускать в переработку, и объекты, которые следует выпускать в среду обитания с наименьшими повреждениями. Оба варианта действий отражены в действующих Правилах рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна¹. Например, ст. 15.1, установлено, что «весь разрешённый прилов особей непромыслового размера (далее — молодь) (за исключением молоди краба камчатского, молоди краба-стригуна опилио, молоди морского гребешка, молоди морского ежа зелёного, морских млекопитающих и видов, на которые установлен запрет добычи (вылова) должен быть направлен на производство рыбной или иной продукции из них». Объёмы разрешённого прилова тех или иных видов устанавливаются Правилами или по результатам работы международных комиссий. Количество особей в прилове может быть лимитировано. Так, в отношении камчатского краба действует правило, что при осуществлении промысла допускается прилов не более 10 экз. краба любого пола и размера на 1 т вылова за операцию. В случае превышения этой нормы промысловое судно должно отразить в документах факт такого прилова, сменить позицию лова на 5 морских миль и сообщить об этом в территориальные органы Росрыболовства. На Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне и в США, где также ведётся промысел камчатского краба, принципы ограничения приловов отличаются [Стесько, Баканёв, 2019; Stesko, Bakanev, 2020], однако требование о возврате прилова краба в среду обитания неизменно.

При всей дискуссионности вопроса о методике расчёта допустимого количества особей в прилове и правилах отчётности по ним [Stevens, 1990, 1995,

2014; Стесько, Баканёв, 2019; Stesko, Bakanev, 2021], определённый интерес вызывают требование выпуска в среду обитания именно с наименьшими повреждениями и различные последствия невыполнения этого требования пользователем. Так, в американской литературе приводятся сведения о том, что при траловом промысле могут погибать от 20 до 100% выловленных особей камчатского краба [Stevens, 1990, 2014]. Если руководствоваться этими сведениями и расчётными объёмами приловов камчатского краба при промысле донных рыб в Баренцевом море, которые могут составлять 2–8 тыс. т ежегодно [Стесько, Баканёв, 2019], то получается, что гибнут не менее 0,4–1,6 тыс. т камчатского краба. Согласно данным съёмок, в среднем 70% из них могут быть представлены промысловыми самцами. Это совсем немного относительно промыслового запаса этого вида в Баренцевом море (менее 1%), который в настоящее время находится на высоком уровне и составляет более 180 тыс. т [Stesko, Bakanev, 2021], но достаточно существенно в сравнении с величиной ОДУ камчатского краба, которое в последние годы составляет около 12 тыс. т [ICES, 2021].

В связи с вышеизложенным, весьма актуальным представляется проведение работ, направленных на определение выживаемости камчатского краба при донном траловом лове и возврате в среду обитания. В отечественной литературе вопросам травмированности краба в Баренцевом море посвящён ряд публикаций [Пинчуков, 2006, 2007; Соколов, Милютин, 2008; Стесько, 2015]. Авторы указывают на различные причины этого явления и отмечают, что травмированность может быть обусловлена прежде всего внутривидовыми и межвидовыми (хищничество) взаимоотношениями, а не интенсивностью промысла [Пинчуков, 2006]. Эксперименты по выживаемости крабов на ловушечном лове в Баренцевом море были проведены А.М. Сенниковым [2011, 2013]. Влияние подъёма краба с глубины, в т. ч. неоднократного, отражено в работах, посвящённых его ловушечному промыслу и транспортировке [Stevens, 1995; Иванов, Соколов, 2003; Метелёв, 2009; Алексеев и др., 2011; Моисеев, 2012а, 2012б; Моисеев, Моисеева, 2014, 2016; Загорская и др., 2018].

В настоящем исследовании представлены результаты экспериментов, выполненных в ходе комплексной траловой съёмки камчатского краба в Баренцевом море в 2020–2021 гг., с помощью которых предполагается определить возможную смертность камчатского краба в приловах донного тралового промысла. С этой целью в ходе работ решали четыре основные задачи:

¹ Приказ Минсельхоза России от 13 мая 2021 г. № 292 «Об утверждении Правил рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна» // СПС «КонсультантПлюс».

1. определить количество травмированных и мёртвых особей в прилове;

2. выявить долю живых крабов после передержки на открытой палубе через определённые временные интервалы;

3. оценить, какое количество крабов после передержки на палубе и выпуска в естественную среду обитания может считаться возвращённым в живом виде.

4. опираясь на известные данные о вероятных объёмах прилова камчатского краба при донном траловом промысле в Баренцевом море, предварительно оценить ежегодное количество погибших особей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Работы выполняли в ходе комплексной съёмки камчатского краба в юго-восточной части Баренцева моря на судне МК-0520 «Профессор Бойко» в 2020–2021 гг. Траления выполняли донным тралом (чертёж 22М) с горизонтальным раскрытием 12 м, вертикальным – 2 м; ячей кутка составляла – 45 мм; ячей рубашки – 16 мм. Использовали грунтроп типа «Rockhopper» длиной 12 м с дисками диаметром 400 мм. Длительность тралений составляла 15 мин., средняя скорость хода с тралом – 2,5 узла (рис.).

Выловленные крабы подвергались биологическому анализу в соответствии с методиками, принятыми в НИИ Росрыболовства России [Изучение экосистем..., 2004].

Дополнительно для оценки доли травмированных крабов использовали материалы исследований в пе-

риод 2007–2011 гг. на судне «Миргород» [Пинчуков, 2011] и «Пярлас» в 2012 г. [Стесько, 2016].

Экспериментальную оценку выживаемости производили в два этапа. На первом этапе после проведения биологического анализа крабов оставляли на открытой палубе, проверяя их состояние каждый час. Ввиду того, что максимальное время передержки в 2020 г. и 2021 г. отличалось, данные представлены отдельно и по разным временным градациям. В частности, для 2020 г. использовали периоды передержки на палубе до 3 ч, 3–5 ч, 5–8 ч. В 2021 г. максимальное время передержки составляло 3–3,5 ч.

На втором этапе крабов помещали в садок (конусная ловушка), который спускали за борт судна на глубину 15 м и оставляли там на период от 1,5 ч до 12 ч в зависимости от погодных условий, после чего поднимали на палубу и проверяли их состояние. Второй этап эксперимента в 2020 г. сопровождался проведением видеозаписи.

Оценку состояния крабов проводили по внешним признакам, используя методику из опубликованных источников [Stevens, 1990; Загорская и др., 2018] с дополнениями в части экспертной оценки двигательной активности [Моисеев, Моисеева, 2014]. В зависимости от физиологического состояния животных условно подразделяли на три категории: «в нормальном состоянии», «ослабленный» и «мёртвый». Основным критерием служила двигательная активность животных и их реакция на внешние раздражители (табл. 1).

На первом этапе число особей в эксперименте составило 701 экз. камчатского краба, а на втором

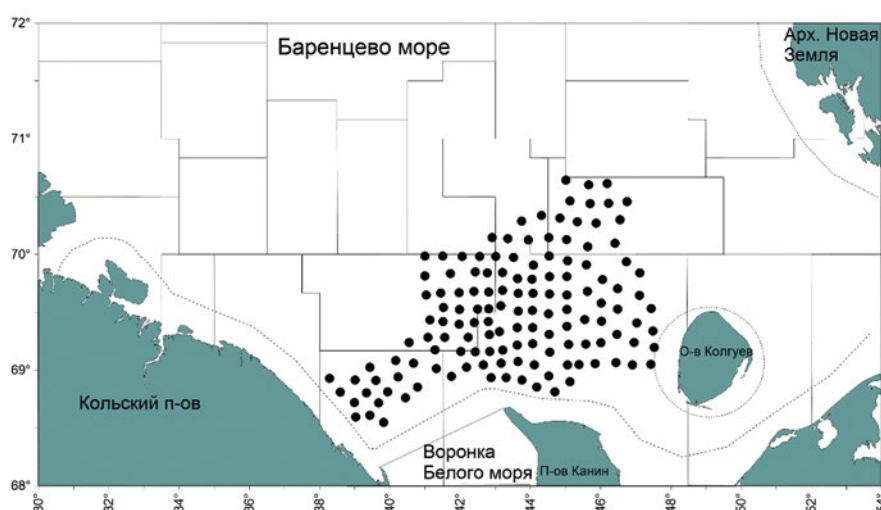


Рис. Карта-схема траловой съёмки камчатского краба в 2020–2021 гг. (чёрные круги). Сплошные линии – локальные районы, пунктирные – граница территориального моря России

Fig. Map of the trawl survey of red king crab in 2020–2021. Solid line – local fishery regions, dotted line – border of the Russian territorial waters

Таблица 1. Критерии оценки жизненного состояния камчатского краба, использовавшиеся при проведении исследований в 2020–2021 г. в исключительной экономической зоне (ИЭЗ) России в Баренцевом море**Table 1.** Criteria of life status of red king crab in the experiments in 2020 in the Russian EEZ of the Barents Sea

Состояние	Признак
В норме	Без участия внешних раздражителей совершают движения грудными конечностями, ротовым аппаратом. Колебательные движения скафогнатидов второй пары максилл равномерны
Ослабленный	Движения вялые, происходят только при участии внешних раздражителей. Колебательные движения скафогнатидов второй пары максилл замедленны, неравномерны
Мёртвый	Краб не реагирует на раздражители. Колебательные движения скафогнатидов второй пары максилл отсутствуют. Абдоминальная часть расслабленная, отвисшая, при прикосновении не прижимается к головогрудь

этапе – 233 экз. (табл. 2). В составе самцов выделяли промысловых крабов с шириной карапакса (ШК) более 150 мм, пререкрутов I–II (ШК 107–149 мм) и молодь (ШК менее 107 мм). В случае, если краб, ошибочно принятый за мёртвого, при подъёме садка был идентифицирован как живой, то его учитывали как живого и при спуске: за период работ 2020–2021 г. был зафиксирован только один такой случай.

Температура воздуха в период проведения работ в 2020 г. колебалась от 4,0 до 11,0 °С, в среднем составляла 8,1 °С. В 2021 г. температура варьировала в более широком диапазоне, от 2,0 до 14,0 °С, и в среднем составляла 7,0 °С. Придонная температура на акватории исследований в 2020–2021 гг. составляла 2,5–4,0 °С, в поверхностном слое – 8,5–10,0 °С. Разницей температур в поверхностном и придонном слоях при обсуждении отсроченной смертности крабов пренебрегали.

Статистический анализ выполняли при помощи методов описательной статистики, широко используемой в биологических исследованиях [Ивантер, Коросов, 2011]. Визуализацию и обработку данных осу-

ществляли в ГИС MapViewer 7.0 и пакете программ MSOffice.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Согласно данным исследований на траловых съёмках в ИЭЗ России на юго-востоке Баренцева моря, проведённых в период 2007–2021 гг., общее количество особей с новыми и старыми травмами в них колебалось от 9,7 до 24,6%. При этом доля самцов со свежими травмами в среднем составляла 1,3%, аналогичная травмированность самок была выше – 4,1%. В траловых уловах количественно преобладали самцы – 75%. Без разделения по полу средняя доля крабов со свежими травмами составляла 1,9%. Можно заключить, что в исследовательских съёмках влияние орудия лова на крабов было небольшим, что может быть обусловлено особенностями проведения работ, прежде всего временем траления, продолжительность которого в 2007–2011 гг. составляла 1 ч, в 2012 г. – 30 мин., а в 2017–2021 гг. – 15 мин.

Результаты выполненных исследований по выживаемости камчатского краба в 2020 г. показали, что

Таблица 2. Количество крабов различных категорий на первом и втором этапах эксперимента в 2020–2021 гг.**Table 2.** Amount of king crabs of any categories on the first and the second phases of the experiment in 2020–2021

Категория крабов / этапы, год	Самцы			Самки		Всего
	Промысловые	Пререкруты I–II	Молодь	Самки с наружной икрой	Самки без икры	
1 этап, 2020	113	64	4	9	23	213
2 этап, 2020	73	42	10	3	14	142
1 этап, 2021	305	154	5	4	20	488
2 этап, 2021	56	28	0	1	6	91

крабы удовлетворительно выдерживают пребывание на открытой палубе до 5 ч. В серии опытов было показано, что после передержки на воздухе в течение 3–5 ч гибнет 0–31 % крабов, а более 5 ч – 0–59 % (табл. 3).

Тем не менее, в ходе аналогичных работ, проведённых в 2021 г., было показано, что при передержке крабов на открытой палубе длительностью 3–5 ч может погибать до 40 % особей (табл. 4). В тех случаях, когда в 2020 г. количество крабов в эксперименте составляло более 25 экз. (достаточно крупная выборка в сравнении с опытами над 9–13 экз.), смертность при передержке 3–5 ч составляла до 31 %, а при передержке длительностью более 5 ч – до 59 % (см. табл. 3). В 2021 г. при проведении аналогичных работ при содержании крабов на открытой палубе менее 3 ч погибшие крабы наблюдались только в одном из 18 проведённых экспериментов (см. табл. 4).

Среднее арифметическое доли погибших в течение 3–5 ч особей в экспериментах 2020–2021 гг. составило $5,4 \pm 0,3\%$, медиана была равна 0, а в пределах 95%-го доверительного интервала могли погибать до 32,1 % крабов. При содержании на палубе более 5 ч (данные только за 2020 г.) средняя доля погибших была $23,4 \pm 1,2\%$, медиана смертности составляла 20,5 %, а в пределах 95%-го доверительного интервала могли погибать до 57,5 % крабов. Нижняя граница интервала равна 0. Корреляция смертности крабов для периода передержки 3–5 ч в 2020–2021 гг. с температурой воздуха составила 0,4, а с облачностью –0,5, что соответствует умеренной по шкале Чеддока.

Средняя доля погибших крабов возрастала с повышением температуры воздуха. При температуре выше 10 °С и нахождении на палубе более 5 ч 100%-ной выживаемости не наблюдалось (табл. 5).

Таблица 3. Доля мёртвых крабов при их передержке в опытах в августе-сентябре 2020 г., % от числа крабов в опыте
Table 3. The percentage of dead crabs in experiments in August-September 2020, % of all crabs in experiment

№ опыта	Дата	Количество особей в эксперименте, экз.	Передержка, ч / мёртвые, %		Температура воздуха, °С	Облачность, балл
			3–5 ч	5–8 ч		
1	19.08	28	31	59	12	5
2	20.08	9	0	10	10	2
3	21.08	4	0	25	10	7
4	22.08	8	0	0	8	Туман
5	23.08	3	0	30	10	4
6	24.08	12	–*	–	10	7
7	25.08	12	8	33	11	3
8	26.08	9	0	–	8	10
9	29.08	12	0	0	7	4
10	30.08	8	0	37	7	10
11	31.08	17	0	12	6	7
12	01.09	7	0	14	6	8
13	02.09	9	0	55	5	7
14	03.09	7	0	0	6	5
15	05.09	8	0	–	9	10
16	06.09	12	16	16	9	6
17	08.09	4	0	50	9	5
18	09.09	15	–	–	6	Туман
19	10.09	14	7	7	8	10
20	13.09	15	0	27	8	8
Медиана		9	0	20,5	8	7
Ср. знач.		10,7	3,4	23,4	8,25	7

Примечание: * – эксперимент прекращён или нет данных.

Таблица 4. Доля мёртвых крабов при их передержке в опытах в августе-сентябре 2021 г., % от числа крабов в опыте
Table 4. The percentage of dead crabs in experiments in August-September 2021, % of all crabs in experiment

№ опыта	Дата	Количество особей в эксперименте, экз.	Передержка, ч / Смертность, %		Температура воздуха, °С	Облачность, балл
			2 ч	3 ч		
1	8.08	40	2,5	20	7	1
2	9.08	15	0	20	7	0
3	10.08	27	0	0	9	5
4	11.08	11	0	0	8	Туман
5	12.08	10	0	40	11	0
6	14.08	28	0	17,9	6	6
7	15.08	21	0	4,8	7	8
8	16.08	33	0	12	5	10
9	21.08	49	0	8,2	8	Туман
10	22.08	26	0	0	5	5
11	24.08	11	0	0	3	10
12	25.08	31	0	0	4	8
13	26.08	30	0	0	4	8
14	27.08	30	0	0	5	8
15	28.08	13	0	7,7	7	10
16	30.08	42	0	2,5	6	8
17	31.08	50	0	0	7	10
18	1.09	20	0	0	6	10
Медиана		26,5	0	1,3	6,5	8
Ср. знач.		26,3	0,1	7,3	6,4	7

Таблица 5. Смертность камчатского краба на открытой палубе судна в 2020–2021 гг. при различной температуре воздуха и передержке более 3 ч

Table 5. Mortality of the red king crab on the open air on the deck in 2020–2021 and air temperature and keeping more than 3 h

Т, °С	Доля погибших при передержке 3–5 ч, %			Доля погибших при передержке более 5 ч, %		
	мин.	макс.	среднее	мин.	макс.	среднее
3	–	–	0	–	–	–
4	0	0	0	–	–	–
5	0	10	2,5	–	–	55
6	0	17,9	3,4	0	14	8,7
7	0	20	7,5	0	37	18,5
8	0	8,2	2,5	0	27	11,3
9	0	16	4	16	50	33
10	0	0	0	10	30	21,7
11	8	40	24	–	–	33
12	–	–	31	–	–	59

Примечание: при наличии только одного наблюдения при указанной температуре в таблице приведено единственное полученное значение доли погибших крабов в графе «среднее». Прочерк «–» – нет данных.

Вне зависимости от времени передержки при температуре воздуха 4,0 °C и менее в экспериментах не погибло ни одной особи, при диапазоне температур 5,0–9,0 °C среднее значение доли погибших крабов в каждом из экспериментов составляло от 2,5 до 7,5% при передержке в течение 3–5 ч и от 8,7 до 55% при передержке более 5 ч. Среднее арифметическое всех экспериментов в температурном диапазоне 5,0–9,0 °C при передержке 3–5 ч составило $4,2 \pm 0,3\%$, а при передержке более 5 ч такое значение было уже $19,8 \pm 1,8\%$. При температуре воздуха свыше 10 °C погибали от 0 до 31% крабов при передержке 3–5 ч и 21,7–59% при передержке более 5 ч (см. табл. 5). Суммарное среднее смертности крабов при температуре воздуха свыше 10,0 °C было одинаковым, составив $17,8 \pm 3,3\%$. При этом 100%-ной выживаемости крабов максимальной передержке и температуре воздуха свыше 10,0 °C в каком-либо из экспериментов не наблюдалось.

Согласно полученным данным, при длительной передержке в 2020 г. большая часть самцов была классифицирована как «ослабленные». Количество промысловых особей и пререкрутов, задействованных в экспериментах, было примерно равным. Доля погибших пререкрутов была выше по сравнению с промысловыми самцами. Наиболее сильно передержка сказалась на самках – 50% погибло. Интересно, что те же самки, которых продолжили держать на палубе, все выжили, хотя и находилось в ослабленном состоянии. При передержке в течение 5–8 ч особей, классифицируемых как «в норме», практически не было, при этом смертность и пререкрутов, и промысловых самцов была примерно одинаковой (табл. 6).

Таблица 6. Жизненное состояние крабов различных категорий в экспериментах при передержке на палубе в экспериментах в 2020 г., % от количества особей каждой категории

Table 6. Life state of king crabs of different category throughout experiments in August–September 2020, % of crabs each category

Категория крабов	Передержка 3–5 ч			Передержка 5–8 ч		
	Н	О	М	Н	О	М
Самцы промысловые	18,7	74,7	6,7	4,7	18,6	76,7
Пререкруты	11,1	69,4	19,4	0	23,5	76,5
Самки	0	50,0	50,0	0	100	0

Примечание: Н – в норме; О – ослабленный; М – мёртвый; данные по молодым не приведены ввиду низкого количества крабов данной категории.

Следует отметить, что в экспериментах в 2020 г. более 50% составляли промысловые самцы и, соответственно, по ним полученные результаты наиболее надёжны. Выборка самок была очень небольшой (см. табл. 2), что повышает вероятность фактора случайности. В 2021 г., когда предельный период передержки составлял 3 ч, доля мёртвых крабов в каждой категории была выше всего у пререкрутов (13%). Доля ослабленных особей среди промысловых самцов и пререкрутов была примерно одинакова, составив около 38%, однако среди промысловых отмечали больше животных, состояние которых было определено как «в норме».

Исследования выживаемости камчатского краба после передержки на палубе и последующего выпуска в морскую воду показали низкую отсроченную смертность (табл. 7).

Таблица 7. Смертность камчатского краба при передержке на палубе судна и содержании в садке в августе–сентябре 2020–2021 гг.

Table 7. The results of mortality experiments, when crabs were got out of board to marine waters, kept and returned (August–September, 2020–2021)

№ опыта	Дата	Передержка на палубе, ч	Передержка в садке, ч	Спущено живых, экз.	Поднято живых, экз.	Смертность, %
2020 г.						
1	19.08	2,5	5	14	12	14
2	20.08	3	5	8	8	0
3	23.08	4	4	4	4	0
4	24.08	3	3,5	6	6	0
5	25.08	3	4	13	12	8
6	26.08	2,5	2	14	12	14
7	29.08	4,5	2	16	14	13
8	30.08	4,5	1,5	4	4	0
9	01.09	5	1,5	7	6	14
10	05.09	4,5	3,5	6	4	33

Окончание табл. 7

№ опыта	Дата	Передержка на палубе, ч	Передержка в садке, ч	Спущено живых, экз.	Поднято живых, экз.	Смертность, %
11	06.09	8	2	6	4	33
12	08.09	6	3	2	0	100
13	09.09	1,5	2	15	15	0
14	10.09	4	1,5	13	12	8
15	13.09	4	2,5	14	11	21
2021 г.						
1	9.08	1,5	11	12	12	0
2	10.08	1,16	11,5	11	11	0
3	15.08	1,5	11,5	10	10	0
4	16.08	1,75	11,5	10	10	0
5	21.08	1,5	3,5	11	11	0
6	25.08	3	3	14	14	0
7	26.08	3,5	3	11	11	0
8	30.08	2,5	3	12	12	0

В единственном случае, когда смертность достигла 100%, предварительная передержка на палубе составила более 6 ч. Смертность крабов, выпущенных в естественную среду обитания после 3-, 5-часовой передержки на палубе судна, колебалась в пределах 0–33%, обычно составляя 0–15%, поскольку только в двух случаях она достигала 21 и 33%, соответственно. Как правило, погибшие особи при спуске идентифицировались как «ослабленные». Средняя доля отсроченной смертности крабов в экспериментах в 2020 г. составила $17 \pm 1,7\%$, а при передержке на палубе не более 5 ч – $9 \pm 0,9\%$. В 2021 г. все крабы, спущенные в воду в садке, выжили. Различия результатов в экспериментах в 2020 и 2021 гг. обусловлены прежде всего методическими особенностями их проведения. Так, длительность передержки крабов в 2020 г. на палубе была больше, чем в 2021 г., что и стало причиной высокой отсроченной смертности крабов. Среднее арифметическое объединённых данных по доле погибших на втором этапе эксперимента крабов за 2020–2021 гг. составило $11 \pm 1,0\%$.

Таким образом, серия экспериментальных работ по выживаемости камчатского краба при траловом лове на исследовательском судне показала, что краб хорошо выдерживает передержку на палубе до 5 ч при температуре воздуха в диапазоне 5,0–9,0 °C, при таких условиях количество погибших крабов составляет 2,5–7,5%. При температуре ниже 5,0 °C в ходе экспериментов смертность крабов не наблюдали. Отсроченная смертность после его выпуска в среду обитания обычно была не более 15%, в среднем составив $11 \pm 1,0\%$.

ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования российских гидробиологов, посвящённые различным аспектам выживаемости камчатского краба и других видов десятиногих ракообразных, свидетельствуют о том, что сам по себе факт подъёма этих животных на борт судна, вне зависимости от орудия лова, оказывает на них негативное влияние. Исследования, выполненные в дальневосточных морях, показали, что смертность крабов могла составлять 7–90% в зависимости от количества подъёмов ловушек [Иванов, Соколов, 2003]. В некоторых экспериментах после одного цикла «подъём-спуск» смертность самцов камчатского краба составляла от 2,9%, а самок – до 10% [Рязанова, 2009]. Е.А. Метелёв [2009] отмечал, что после неоднократного подъёма на поверхность камчатского и синего крабов, у них наблюдалось только угнетённое состояние без летального исхода.

В Баренцевом море результаты экспериментальных работ показали, что ослабленное состояние и гибель крабов, составившие 4,0% от общего числа всех особей, имели место в случаях передержки крабов на палубе судна при температуре воздуха до –12 °C, значительном распреснении верхнего слоя воды – до 14,9‰ и четырёхкратном подъёме ловушками опытных партий крабов на борт судна [Сенников, 2021]. В процессе подъёма ловушек, сортировки, передержки крабов на палубе судна и выпуска в море наиболее уязвимыми являются перелинявшие или готовящиеся к линьке молодёжь обоих полов и пререкрытые камчатского краба.

В зарубежной литературе одними из наиболее известных и цитируемых являются работы американ-

ского карционолога Брэдли Стивенса. В них представлены исследования смертности крабов и при траловом [Stevens, 1990], и при ловушечном [Stevens, 1995] лове в Беринговом море. Стивенс разделял общую выживаемость, а также внезапную и отсроченную выживаемость и смертность. Под внезапной смертностью исследователь понимал крабов, которые были идентифицированы как мёртвые при первичном разборе тралового улова, а отсроченная смертность — это крабы, которые погибли после передержки в танках с водой в течение 48 ч. При общей выборке в 7445 экз. около 4% крабов были идентифицированы как живые и 48% — ослабленные, остальные — мёртвые. Отсроченная выживаемость особей, определённых как живые, составила более 90%, в то время как для ослабленных этот показатель составил 35%. С учётом того, что полученный по результатам экспериментов в Баренцевом море средний уровень отсроченной выживаемости 89% включал в себя и ослабленных особей, и в нормальном состоянии, то в целом, этот показатель в российских водах получился бы выше, чем если взять среднюю по результатам работ Стивенса. Общая выживаемость в Беринговом море, с учётом всех факторов, включая отсроченную смертность, составила 21%. Была выявлена прямая зависимость смертности крабов от состояния их покровов (особи жёстким карапаксом в средних и поздних межлиночных стадиях погибали реже) и от времени, проведённого в неволе. Данные Стивенса в целом показывают повышенную смертность в сравнении с баренцевоморской, однако следует учитывать то, что в своих экспериментах он не учитывал температуру воздуха, но в статье [Stevens, 1990] упоминает о том, что в среднем по району проведения исследований она была выше 10 °С. С учётом этого обстоятельства смертность крабов в экспериментах в Баренцевом море будет аналогичной (см. табл. 6) или даже выше, чем в Беринговом, поскольку под 21% общей смертности Стивенс понимает всех погибших крабов как при передержке на палубе, так и в танках с водой.

Влияние типа орудия лова и величины общего улова на долю выживших (или умерших) статистически доказано не было [Stevens, 1990]. Тем не менее, в работах Стивенса есть упоминание о том, что крабы с отсутствующими конечностями и иными повреждениями гибнут быстрее, чем здоровые особи. Можно предположить, что при увеличении общего улова в трале, число крабов с механическими повреждениями будет возрастать. Также при изъятии из трала беспозвоночные могут цепляться конечностями за сетеполотно, что, в свою очередь, также может привести к травмам.

Выводы Стивенса относительно влияния состояния покровов на выживаемость краба подтверждаются и более ранними исследованиями [Blackburn, Schmidt, 1988], когда смертность особей с жёсткими покровами не превышала 2%, а с более мягкими (новыми) могла достигать 50%.

Для того, чтобы оценить выживаемость краба на траловом промысле донных рыб, следует принять во внимание некоторые различия в методах проведения работ. Условно их можно разделить на две группы: «положительные», т. е. случаи, когда условия на промысле для выживаемости краба лучше, чем на съёмке, и «отрицательные», — наоборот. К первым можно отнести особенности конструкции промысловых тралов, в частности, отсутствие «рубашки» — вставки сетеполотна с более мелкой ячейкой для облова молодёжи, а также специфики траления: скорость судна в специализированной съёмке относительно низкая (2,5 узла), ориентированная специально на придонные организмы, в то время как при промысле тресковых скорость обычно выше (3,0–3,5 узла), что может снизить вероятность попадания крабов в трал. Исключение составляют суда, ориентированные на промысел морской камбалы: их траловые комплексы и особенности работы могут способствовать повышенному прилову камчатского краба, к тому же основные скопления камбалы в Баренцевом море распределяются примерно там же, где и скопления камчатского краба [Стесько, Баканёв, 2019].

К «отрицательным» эффектам можно отнести то, что длительность тралений на промысловых судах (4–6 ч) существенно продолжительнее, чем на исследовательских (15–30 мин.), что может способствовать повышенной травмированности ракообразных в прилове. Несмотря на вывод Стивенса [1990] о том, что статистически доказанной связи между величиной улова и долей мёртвых крабов нет, можно предположить, что при больших уловах количество погибших особей будет расти. Более того, продолжительность траления не может не влиять на состояние животных: как минимум, речь о механическом воздействии при осуществлении самого траления и операции подъёма. Кроме того, ряд исследователей [Метелёв, 2009; Моисеев, 2012а, б; Моисеев, Моисеева, 2014] на примере данных уловов ловушек показывают, что подъём крабов на поверхность, в особенности неоднократный, также является фактором, повышающим их смертность.

Приловы камчатского краба, по современным оценкам, могут составлять 2,2–9,8 тыс. т в год [Stesko, Bakanev, 2021]. Если руководствоваться результатами настоящего исследования, то ежегодная смертность

беспозвоночных будет зависеть от ряда факторов, среди которых следует особо отметить состояние покровов крабов, их травмированность при подъёме, время, проведённое на палубе, температуру воздуха в период промысла, а также изложенные выше обстоятельства, связанные с особенностями промышленного лова донных рыб в сравнении с исследовательскими работами. С учётом того, что среднесезонная температура в районе промысла камчатского краба не превышает 10,0 °C [Анциферов, Ившин, 2021], то при передержке на открытой палубе до 5 ч погибать будут 4,2–19,8% особей (средние значения смертности при передержке в течение 3–5 ч и более 5 ч соответственно без учёта температур выше 10,0 °C). Это 0,1–0,4 тыс. т при нахождении на палубе до 5 ч и 0,4–1,9 тыс. т. в год при длительной передержке.

Из общего прилова около 0,04–0,19 тыс. т могут быть травмированы, но эти крабы могут войти как в число выживших, так и погибших особей. Быстрая обработка улова донных рыб и бережное возвращение крабов в среду обитания существенно повысят их шансы на выживание. По устным сообщениям наблюдателей Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» (В.А. Пронин, М.В. Осипов), работающих на промысле донных рыб, длительность обработки улова редко превышает 5–6 ч. Вероятнее всего, выловленные крабы будут возвращаться в среду обитания по мере возможности, и потому маловероятно, что смертность беспозвоночных будет достигать предельных значений. Соответственно, опираясь на имеющиеся данные съёмки, изложенные в настоящей работе, можно предположить, что из вероятного прилова 2,2–9,8 тыс. т погибать будут 4,2%, т. е. 0,1–0,4 тыс. т.

При условии бережного возвращения в среду обитания отсроченная смертность может составить 11% (среднее арифметическое, полученное по результатам экспериментов). Тогда из 2,1–9,4 тыс. т крабов, возвращённых в среду обитания, большая часть (89%) выживет. Иными словами, если ежегодный прилов краба на донном траловом промысле составляет 2,2–9,8 тыс. т, то биомасса погибших крабов будет составлять 0,3–1,4 тыс. т. С учётом результатов траловых съёмок последних лет, около 70% из них будут представлены промысловыми самцами [Stesko, Bakanov, 2021], которые переносят неблагоприятные условия в целом лучше крабов иных категорий, о чём указано и в настоящей статье, и в некоторых других работах, в частности, посвящённых выживаемости крабов при различных условиях среды [Клитин, 2003; Паршин-Чудин и др., 2014]. Предельные значения смертности крабов экспертно оценить трудно, но если взять округлённое значение 20% при длитель-

ной передержке и до 15% отсроченной смертности, тогда количество погибших особей может быть оценено в 0,8–3,4 тыс. т.

Существенную роль в выживаемости крабов в приловах, как уже было отмечено ранее, играет состояние их покровов. Массовая линька самцов в ИЭЗ России происходит в феврале. Здесь следует отметить высокую эффективность мер, применяемых для защиты запаса камчатского краба, в частности, закрытых для тралового лова районов, — как круглогодично, так и временно — в первую половину года. Тем не менее, согласно последним данным исследований, в ИЭЗ России Баренцева моря отмечаются массовые скопления крабов, уловы которых могут достигать 1,2–4,7 т на 15 мин траления на фоне обычных уловов исследовательского трала около 0,1–0,4 т на 15 мин. траления [Stesko, Bakanov, 2021]. Такие скопления обычно отмечаются в восточных областях района исследований — на Канино-Колгуевском мелководье. Характерно, что большинство особей в них имеют покровы более мягкие, чем в более «традиционных», западных областях (Стесько А.В., собственные данные). Данное обстоятельство может указывать на то, что при встрече с такого рода скоплениями и приловы, и смертность крабов могут быть весьма высоки. Однако, согласно имеющимся сведениям, при таких массовых уловах краба доля донных рыб в них обычно минимальна, и потому участки, где такие скопления распределяются, мало интересны рыбакам, и столь массовые приловы будут скорее случайностью, чем закономерностью.

На снижение приловов краба и, соответственно, их смертности, нацелены ряд положений в нормативных актах, в частности, Правилах рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна². Их краткое описание приведено во введении к настоящей работе. Следует подчеркнуть, что Правилами ограничиваются, прежде всего, приловы краба, иными словами, законодатель стремится предотвратить и минимизировать факт попадания запрещённых к переработке видов (в частности, крабов) на борт судна. Правилами подчёркивается, что животные должны быть возвращены в среду обитания «с наименьшими повреждениями». Для специализированного промысла крабов, который ведётся ловушками, регламентирована установка специальных лотков для возвращения непромысловых особей в море. К судам, у которых крабы могут встречаться только в качестве прилова, такая мера, по нашему мнению, неприменима ввиду особенностей

² Приказ Минсельхоза России от 13 мая 2021 г. № 292 «Об утверждении Правил рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна» // СПС «КонсультантПлюс».

ведения промысла и конструкции судов. Как упоминалось выше, выживаемость крабов в приловах будет зависеть от скорости обработки улова и ответственного отношения команды к возвращению беспозвоночных в среду обитания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Доля камчатского краба со свежими травмами в уловах исследовательских тралов при выполнении ресурсных исследований в 2007–2021 гг. не превышала 4,9% при среднем арифметическом 1,9%.

При передержке крабов на открытой палубе менее 3 ч только в одном случае смертность крабов составила 2,5%, во всех остальных экспериментах с такой длительностью передержки выживали все особи. В течение 3–5 ч в среднем $5,4 \pm 0,3\%$ крабов в эксперименте погибали, максимальная смертность достигала 40%. При передержке более 5 ч смертность достигала 59% при средней арифметической $23,4 \pm 1,2\%$.

Высокая температура воздуха отрицательно сказывается на выживаемости крабов. Была выявлена умеренная положительная корреляция роста температуры и смертности крабов при передержке на открытой палубе в течение 3–5 ч. При температуре воздуха $4,0^\circ\text{C}$ и менее в экспериментах не погибло ни одной особи, при диапазоне температур $5–9^\circ\text{C}$ при передержке 3–5 ч в среднем погибало $4,2 \pm 0,3\%$ особей, а при передержке более 5 ч смертность составляла $19,8 \pm 1,8\%$. Также отмечено, что при температуре выше $10,0^\circ\text{C}$ для 100%-ной выживаемости крабов при передержке 5 ч и более не наблюдалось.

При условии бережного возвращения в среду обитания и пребывания на палубе крабов менее 5 ч их ежегодная смертность от приловов на донном траловом промысле в Баренцевом море может составить 0,3–1,4 тыс. т. При неблагоприятных условиях может погибать до 3,4 тыс. т краба ежегодно. Приведённые оценки выполнены на основе данных экспериментов в двух исследовательских рейсах, могут быть заниженными и потому требуют дальнейшего наполнения данными от аналогичных работ, а также верификации в экспериментах, проведённых в промысловом режиме.

Сведения, изложенные в настоящей статье, предполагается использовать в целях совершенствования системы оценки запаса камчатского краба и правил рыболовства. Для расчётов возможного ущерба по результатам контрольно-проверочных мероприятий их использовать не рекомендуется.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа была выполнена в порядке личной инициативы и не имела дополнительного финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев Д. О., Буяновский А. И., Моисеев С. И. 2011. Учёт косвенной промысловой смертности некоторых ракообразных при прогнозировании их численности // Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки. Тез. докл. IV науч.-практ. конф. (19–22 сентября 2011 года, Южно-Сахалинск, Россия). Южно-Сахалинск: Изд-во СахНИРО. С. 126–127.
- Анциферов М. Ю., Ившин В. А. 2021. Гидрометеорологический и океанографический режим районов обитания камчатского краба // Камчатский краб в Баренцевом море. М.: Изд-во ВНИРО. С. 23–52.
- Загорская Д. С., Загорский И. А., Ковачева Н. П., Борисов Р. Р., Чертопруд Е. С. 2018. Визуальная оценка жизнеспособности камчатского краба и краба-стригуна опилио в ходе транспортировки // Труды ВНИРО. Т. 172. С. 184–197.
- Иванов Б. Г. 2003. Смертность крабов в ловушках: камчатский краб у Западной Камчатки // Вопросы рыболовства. Т. 4. № 1(13). С. 116–134.
- Ивантер Э. В., Коросов А. В. 2011. Введение в количественную биологию. Петрозаводск: Изд. ПетрГУ. 302 с.
- Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. 2004. Вып. 1. Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в морях Европейского севера и Северной Атлантики. М.: Изд-во ВНИРО. 300 с.
- Клитин А. К. 2003. Камчатский краб у берегов Сахалина и Курильских островов: биология, распределение и функциональная структура ареала М.: Изд-во Нацрыбресурсы. 253 с.
- Метелёв Е. А. 2009. К вопросу о смертности крабов при ловушечном промысле // Сб. науч. тр. МагаданНИРО. Вып. 3. С. 173–181.
- Моисеев С. И. 2012. Выживаемость различных видов крабов при ловушечном промысле в Охотском море. // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Мат. III Всерос. науч.-практ. конф. (20–22 марта 2012 г.) Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 218–220.
- Моисеев С. И. 2012. Особенности выживаемости крабов при ловушечном промысле в западной части Берингова моря. // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: Мат. III Всерос. науч.-практ. конф. (20–22 марта 2012 г.) Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 221–222.
- Моисеев С. И., Моисеева С. А. 2014. Изменение показателей гемолимфы у синего краба *Paralithodes platypus* вследствие стресса, вызываемого ловушечным промыслом // Вопросы рыболовства. Т. 15. № 3. С. 189–208.

- Моисеев С.И., Моисеева С.А. 2016. Материалы оперативно-го мониторинга промысловых крабов в Охотском море в осенне-зимний период 2015 г. // Труды ВНИРО. Т. 159. С. 198–206.
- Паршин-Чудин А.В., Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Лебедев Р.О., Назарцева М.Ю. 2014. Влияние солёности на выживаемость камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) на ранних стадиях онтогенеза // Экология. № 2. С. 154–156. DOI: 10.7868/S0367059714020061.
- Пинчуков М.А. 2006. Аутотомия конечностей камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* (Decapoda: Anomura, Lithodidae) в Баренцевом море // Всерос. конф. по промысловым беспозвоночным, VII (Мурманск, 9–13 окт. 2006 г.). Тез. докл. ПИНРО. С. 121–123.
- Пинчуков М.А. 2007. Утрата конечностей Камчатским крабом в Баренцевом море в 2001–2006 гг. // Труды ВНИРО. Т. 147. С. 131–143.
- Пинчуков М.А. 2011. Особенности расселения и динамика запаса камчатского краба в Баренцевом море // Рыбное хозяйство. Спецвыпуск. С. 65–67.
- Рязанова Т.В. 2009. Развитие у крабов бактериальных инфекций и газо-пузырьковой болезни вследствие подъёма в ловушках // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 13. С. 95–100.
- Соколов В.И., Милютин Д.М. 2008. Статистические закономерности травматизма конечностей камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в районе интродукции (Баренцево море) // Зоол. журн. Т. 87. № 6. С. 650–657.
- Стесько А.В. 2015. Распределение и состояние запаса камчатского краба в территориальных водах России в Баренцевом море // Вопросы рыболовства. Т. 16. № 2. С. 175–192.
- Стесько А.В. 2016. Приловы камчатского краба при промысле донных рыб на юго-востоке Баренцева моря // Принципы экологии. Т. 5. № 1. С. 75–79.
- Стесько А.В., Баканёв С.В. 2019. Оценка приловов камчатского краба на промысле донных рыб в исключительной экономической зоне России в Баренцевом море и эффективности их регулирования // Вопросы рыболовства. Т. 20. № 2. С. 292–305.
- Сенников А.М. 2021. Смертность камчатского краба при ловушечной добыче в прибрежных водах Баренцева моря / Камчатский краб в Баренцевом море. М.: Изд-во ВНИРО. С. 549–561.
- Сенников А.М. 2011. Выживаемость камчатского краба при ловушечной добыче в прибрежных водах Мурманска // Морские прибрежные экосистемы. Водоросли, беспозвоночные и продукты их переработки: тез. докл. IV Междунар. науч.-практ. конф. Юж.-Сахалинск: СахНИРО. С. 96–97.
- Сенников А.М. 2013. Предварительные данные о выживаемости камчатского краба при ловушечном промысле в Баренцевом море // Биологические ресурсы промысла у берегов Мурманска. Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 26–31.
- ICES. 2021. Working Group on the Integrated Assessments of the Barents Sea (WGIBAR). ICES Scientific Reports. 3:77. 236 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.8241>.
- Blackburn J.E., Schmidt D. 1988. Injury and Apparent Mortality Rates from Incidental Trawl Catches of Halibut, King Crab and Tanner Crab in the Kodiak Area, 1977–81 // Regional Information Report. Report No. 4K88–21. Alaska Department of Fish and Game. Kodiak, AK.
- Stesko A.V., Bakanov S.V. 2021. Bycatches of the red king crab in the bottom fish fishery in the Russian waters of the Barents Sea: assessment and regulations // ICES J. of Marine Science, V. 78. Iss. 2. P. 575–583. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaa110>
- Stevens B.G. 1990. Survival of king and Tanner crabs captured by commercial sole trawls // Fish. Bull. V. 88. P. 731–744.
- Stevens B.G. 1995. Crab bycatch in pot fisheries: causes and solutions // Solving bycatch: considerations for today and tomorrow. Seattle. P. 151–158.
- Stevens B.G. 2014. King crabs of the world: biology and fisheries management. Boca raton: CRC Press. 636 p.

REFERENCES

- Alekseev D.O., Buyanovskij A.I., Moiseev S.I. 2011. Accounting for the indirect commercial mortality of some crustaceans when predicting their numbers // Marine coastal ecosystems. Algae, invertebrates and products of their processing. Abstr. of the IV scient.-pract. conf. (September 19–22, 2011, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia). Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO Publishing House. P. 126–127 (in Russ.).
- Anciferov M. Yu., Ivshin V.A. 2021. Hydrometeorological and Oceanographic Regime of the red king crab // The Red King Crab in the Barents Sea. Moscow: VNIRO Publish. P. 23–52 (in Russ.).
- Zagorskaya D.S., Zagorskij I.A., Kovacheva N.P., Borisov R.R., Chertoprud E.S. 2018. Visual assessment of the viability of the red king crab and the snow crab during transportation // Trudy VNIRO. V. 172. P. 184–197 (in Russ.).
- Ivanov B.G., Sokolov V.I. 2004. Mortality of crabs in traps: the red king crab in the announcement of Kamchatka // Issues of fisheries. V. 4. № 1(13). P. 116–134 (in Russ.).
- Ivanter E.V., Korosov A.V. 2011. Introduction to quantitative biology. Petrozavodsk: PetrSU. 302 p. (in Russ.).
- Klitin A.K. 2003. The red king crab on the coast of Sakhalin and the Kuril Islands: biology, distribution and functional structure of the range. Moscow: Natcrybresursy Pablish. 253 p. (in Russ.).
- Meteliev E.A. 2009. On the question of the mortality of crabs in the trap fishery // Coll. scientific papers Magadan NIRO. V. 3. P. 173–181 (in Russ.).
- Moiseev S.I. 2012. Survival rate of various crab species in pot fishing in the Sea of Okhotsk // Natural resources, their current state, protection, commercial and technical use. Proc. III All-Russ/Scient. and Pract. Conf. (March 20–22, 2012) Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. pp. 218–220 (in Russ.).
- Moiseev S.I. 2012. Peculiarities of survival of crabs in pot fishing in the western part of the Bering Sea // Natural resources, their current state, protection, commercial and technical use. Proc. III All-Russ/Scient. and Pract. Conf. (March 20–22, 2012) Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. pp. 221–222 (in Russ.).
- Moiseev S.I., Moiseeva S.A. 2014. Changes in hemolymph parameters in the blue king crab *Paralithodes platypus* due

- to stress caused by pot fishing // Question. fishing. T. 15, No. 3. S. 189–208 (in Russ.).
- Moiseev S.I., Moiseeva S.A. 2016. Materials of operational monitoring of commercial crabs in the Sea of Okhotsk in the autumn-winter period of 2015 // Trudy VNIRO, V. 159. P. 198–206 (in Russ.).
- Parshin-Chudin A.V., Borisov R.R., Kovacheva N.P., Lebedev R.O., Nazartseva M.Yu. 2014. Effect of salinity on the survival rate of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) at the early stages of ontogeny // Ecology. No. 2. S. 154–156. DOI: 10.7868/S0367059714020061 (in Russ.).
- Pinchukov M.A. 2006. Loss of limbs by the red king crab (Decapoda: Anomura, Lithodidae) in the Barents Sea // All-Russian conf. on commercial invertebrates, VII (Murmansk, October 9–13, 2006): abstr. rep. PINRO. P. 121–123 (in Russ.).
- Pinchukov M.A. 2007. Loss of limbs by the red king crab in the Barents Sea in 2001–2006 // Trudy VNIRO. V. 147. P. 131–143 (in Russ.).
- Pinchukov M.A. 2011. Peculiarities of settlement and dynamics of the red king crab stock in the Barents Sea // Fishery household. Special issue. P. 65–67 (in Russ.).
- Ryazanova T.V. 2009. Development of Bacterial Infections and Gas-Bubble Disease in Rise of Rise in Traps // Research of aquatic biological resources of Kamchatka and the northwestern part of the Pacific Ocean. V. 13. P. 95–100 (in Russ.).
- Sokolov V.I., Milyutin D.M. 2008. Statistical patterns of injuries of limbs of the red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) in the introduction area of the Barents Sea // Journal of Zoology. V. 87. № 6. P. 650–657 (in Russ.).
- Stes'ko A.V. 2015. Distribution and state of the Kamchatka crab stock in the territorial waters of Russia in the Barents Sea // Issues of fisheries. V. 16. № 2. P. 175–192 (in Russ.).
- Stes'ko A.V. 2016. The red king crab's by-catch in the bottom fish fishery in the southeast of the Barents Sea // Principles of ecology. V. 5. № 1. P. 75–79 (in Russ.).
- Stes'ko A.V., Bakanov S.V. 2019. Evaluation of the red king crab by-catch in the bottom fish fishery in the exclusive economic zone of Russia in the Barents Sea and the effectiveness of their regulation // Issues of fisheries. V. 20. № 2. P. 292–305 (in Russ.).
- Sennikov A.M. 2021. Mortality of the red king crab during trap prey in the coastal waters of the Barents Sea // The red king crab in the Barents Sea. Moscow: VNIRO. P. 549–561 (in Russ.).
- Sennikov A.M. 2011. Survival of the red king crab during trap prey in the coastal waters of the Barents Sea // Algae, invertebrates and products of their processing. Abstr. rep. IV Intern. scientific-practical conf. Yuzh.-Sakhalinsk: SakhNIRO. P. 96–97 (in Russ.).
- Sennikov A.M. 2013. Preliminary data on the survival rate of the king crab in the trap fishery in the Barents Sea // Biological resources of fishing off the coast of Murman. Murmansk: PINRO Publish. P. 26–31 (in Russ.).
- Study of ecosystems of fishery water reservoirs, collection and processing of data on aquatic biological resources, techniques and technology for their extraction and processing. 2004. Instructions and guidelines for the collection and processing of data on the seas of the European North and the North Atlantic. M.: Publishing house. VNIRO. 300 p.
- ICES. 2021. Working Group on the Integrated Assessments of the Barents Sea (WGIBAR). ICES Scientific Reports. 3:77. 236 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.8241>
- Blackburn J.E., Schmidt D. 1988. Injury and Apparent Mortality Rates from Incidental Trawl Catches of Halibut, King Crab and Tanner Crab in the Kodiak Area, 1977–81 // Regional Information Report. Report No. 4K88–21. Alaska Department of Fish and Game. Kodiak, AK.
- Stesko A.V., Bakanov S.V. 2021. Bycatches of the red king crab in the bottom fish fishery in the Russian waters of the Barents Sea: assessment and regulations // ICES J. of Marine Science, V. 78. Is. 2. P. 575–583. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaa110>
- Stevens B.G. 1990. Survival of king and Tanner crabs captured by commercial sole trawls // Fish. Bull. V. 88. P. 731–744.
- Stevens B.G. 1995. Crab bycatch in pot fisheries: causes and solutions // Solving bycatch: considerations for today and tomorrow. Seattle. P. 151–158.
- Stevens B.G. 2014. King crabs of the world: biology and fisheries management. Boca Raton: CRC Press. 636 p.

Поступила в редакцию 25.11.2021 г.
Принята после рецензии 19.04.2022 г.



Промысловые виды и их биология

Динамика индексов состояния запаса синего краба в западной части Берингова моря в 2005–2021 гг.

С.И. Моисеев¹, Д.О. Сологуб¹, А.Г. Слишкин², А.В. Лысенко²

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

² Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), пер. Шевченко, д. 4, г. Владивосток, 690091

E-mail: moiseev@vniro.ru

Цель исследований — ретроспективный анализ запаса синего краба *Paralithodes platypus*, населяющего западную часть Берингова моря, показать перспективность применения индекса относительной численности ($I\%N$) в качестве оценки, характеризующей состояние запаса этого вида.

Материал и методы. В основе лежат данные прямого учёта *P. platypus* во время траловых и ловушечных съёмок в 2005–2021 гг. Для каждого года устанавливали индекс относительной численности, выраженный в процентах к максимальной численности крабов, отмеченной в ретроспективный период. Индекс $I\%N$ определяли для различных функциональных групп краба по отдельности и для скомбинированных размерно-возрастных групп.

Новые данные. Применение индекса относительной численности $I\%N$ в квартилях позволяет применить четырёхзональную оценочную характеристику состоянию запаса *P. platypus*: состояние запаса хорошее, удовлетворительное, неопределённое и депрессивное. Этот индикативный показатель отображает динамику состояния запаса в изучаемый период и визуализирует его вариабельность на историческом отрезке. В западно-берингоморской популяции *P. platypus* в последнее время наблюдается снижение численности, которое составляет менее 40% от максимальной численности, отмечавшейся в изучаемый период. У всех функциональных групп *P. platypus* оценка численности (запаса) в настоящее время характеризуется как неопределённая.

Практическая значимость. Ретроспективная динамика индекса относительной численности $I\%N$ является дополнительным оперативным индикатором в принятии управленческого решения при освоении *P. platypus* как промысловой единицы запаса в западной части Берингова моря.

Ключевые слова: синий краб *Paralithodes platypus*, численность, запас, распределение, индекс относительной численности, Берингово море.

Dynamics of indices of the state of the blue king crab stock in the western part of the Bering Sea in 2005–2021

Sergej I. Moiseev¹, Denis O. Sologub¹, Alexey G. Slizkin², Alexander V. Lyenko²

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

² Pacific branch of «VNIRO» («TINRO»), 4, per. Shevchenko, Vladivostok, 690091, Russia

The aim of the research is a retrospective analysis of the stock of the blue king crab *Paralithodes platypus* inhabiting the western part of the Bering Sea, to show the prospects of using the relative abundance index ($I\%N$) as an assessment characterizing the state of the stock of this species.

Material and methods. It is based on the data of direct accounting of *P. platypus* during trawl and trap surveys in 2005–2021. For each year, an index of relative abundance was established, expressed as a percentage of the maximum number of crabs noted in the retrospective period. The $I\%N$ index was determined for different functional groups of the crab separately and for combined size and age groups.

New data. The use of the relative abundance index $I\%N$ in quartiles makes it possible to apply a four-zonal evaluation characteristic of the stock status of *P. platypus*: the stock condition is good, satisfactory, uncertain and depressive. This indicative method displays the dynamics of the state of the stock in the studied period and visualizes its variability in the historical period. In the West Bering Sea population of *P. platypus*, there has recently been a decrease in the number, which is less than 40% of the maximum number observed during the study period. In all functional groups of *P. platypus*, the estimate of abundance (stock) is currently characterized as uncertain.

Practical significance. The retrospective dynamics of the relative abundance index $I\%N$ is an additional operational indicator in making a management decision when developing *P. platypus* as a commercial reserve unit in the western part of the Bering Sea.

Keywords: the blue king crab *Paralithodes platypus*, abundance, stock, distribution, relative abundance index, Bering Sea.

ВВЕДЕНИЕ

В Российской Федерации промышленный вылов крабов регулируется в рамках единого подхода к освоению водных биологических ресурсов (ВБР) [Бабаян, 2000; Алексеев и др., 2017]. Виды класса Crustacea имеют дискретный рост, а структуры, позволяющие достоверно установить их возраст у них отсутствуют. Данное обстоятельство вносит затруднение в выполнение оценки численности функциональных групп крабов и соответственно прогнозировать объёмы промыслового запаса и определять общий допустимый улов (ОДУ). На современном этапе включение различных математических фильтров в модельные расчёты позволяет учитывать эту и другие неопределённости, вводя так называемые коэффициенты улавливаемости, необходимые для установления оценок промыслового запаса *-in silico* [Михеев, 2003, 2004; Михеев и др., 2012; Баканёв, 2008, 2016; Буяновский, 2012, 2020 а, б; Буяновский, Алексеев, 2017; Ильин, Иванов, 2015, 2018; Черниенко, 2016; Черниенко, Черниенко, 2019]. В отличие от сложных оценок состояния промыслового запаса *-in silico*, существует и более доступный индикативный метод оценки состояния запаса с помощью относительного индекса численности. Применение этого индекса для синего краба *Paralithodes platypus* (Brandt, 1850) в северо-восточной части Охотского моря позволил оперативно оценить и охарактеризовать динамику состояния запаса за 2007–2020 гг. [Моисеев и др., 2021]. Базой для формирования индекса относительной численности ($I\%N$) являются данные прямого учёта крабов, полученные при выполнении донных траловых и ловушечных съёмок, либо во время обширного мониторинга промысла крабов.

Целью работы является ретроспективный анализ численности западно-берингоморской популяции синего краба, а также используя индекс относительной численности ($I\%N$), оценка её состояния как единицы запаса за определённый исторический период.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В Западно-Берингоморской зоне в 2005–2021 гг. рыбохозяйственными институтами Росрыболовства регулярно проводились экспедиционные научно-исследовательские работы (НИР). Основу исследований составляли учётные донные траловые и ловушечные съёмки, выполненные на обширной акватории шельфа и верхней части материкового склона Берингова моря вдоль береговой линии между мысами Олюторский – Наварин – Фаддея и южной части Анадырского залива. На акватории выполнения НИР выделяют два района исходя из особенностей распределения промысловых гидробионтов, гидрологических и орографических факторов [Федотов, 2017]. Основываясь на данных проведённых исследований синего краба в Западно-Берингоморской зоне в рассматриваемый период (2005–2021 гг.) в настоящей работе рассматриваются три района.

I – Анадырский: с севера ограничен линией, проходящей по $65^{\circ}30'$ с.ш., с юго-востока линией рыболовных зон России и США, с юга проходит по линии от мыса (Святого) Фаддея до точки около $61^{\circ}30'$ с.ш., $177^{\circ}30'$ в.д.

II – Наваринский: с востока ограничен юго-восточной линией I района, а с запада – линией $176^{\circ}00'$ в.д.

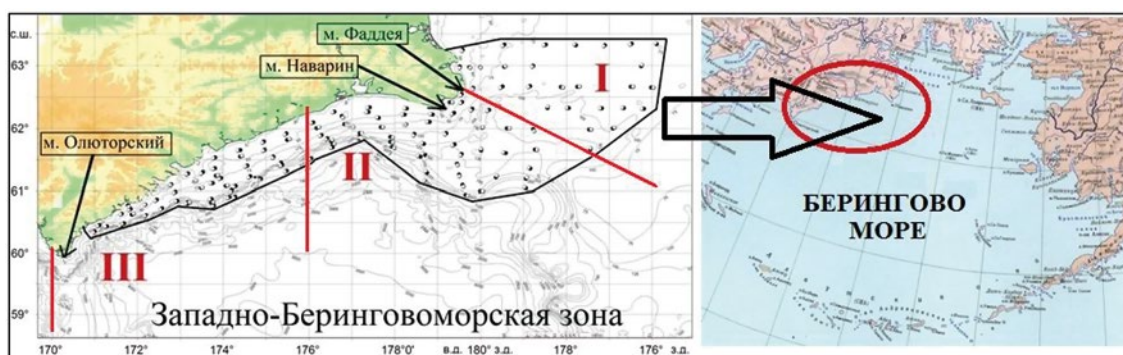


Рис. 1. Схема расположения учётных станций в западной части Берингова моря на примере донной траловой съёмки, выполненной в сентябре 2021 г.

Обозначения: I – Анадырский; II – Наваринский и III – Корякский промысловые районы

Fig. 1. The layout of the accounting stations in the western part of the Bering Sea on the example of a bottom trawl survey carried out in September 2021

Designations: I – Anadyrsky; II – Navarinsky and III – Koryaksky fishing areas

III – Корякский: расположен между меридианом 176°00' в. д. и мысом Олюторский (рис. 1).

Сбор и обработка биологических и промыслово-статистических данных осуществлялись по общепринятым методикам, принятым в рыбохозяйственных исследованиях [Родин и др., 1979; Слизкин, Сафонов, 2000; Михайлов и др., 2003; Моисеев, 2003; Моисеев и др., 2021]. Исходя из результатов исследований, полученных рыбохозяйственными институтами Росрыболовства за 2005–2021 гг. во время учетных съёмок [Федотов, 2013. 2017; Федотов, Винников, 2015; Федотов, Черниенко, 2019] и из собственных первичных данных авторов, была сформирована рабочая база данных по численности функциональных групп синего краба в Западно-Беринговоморской зоне. Все оценки численности синего краба были выполнены по данным прямого учёта с применением метода сплайн-аппроксимации в программном пакете «ГИС КартМастер» [Бизиков и др., 2006, 2013]. Сформированная база данных (табл. 1) была дополнена среднесуточным выловом промысловых судов за год (т), промысловым усилием на конусную ловушку

(экз./лов. — данные промысловой статистики) и общим выловом синего краба за год (освоение ОДУ, т).

В годы, когда учётные съёмки не проводились (2011 и 2018 гг.), для таких лет находили среднюю оценку численности по двум смежным годам. В виду того, что в 2006–2007, 2009 и 2013 гг. оценка численности проводилась только по данным учётных ловушечных съёмок (табл. 1), оценки запаса за эти годы можно было исключить, а оценки численности определить, также по среднему значению сопредельных годов. В этом случае показатели численности в разной степени поменяются в зависимости от значений, полученных по данным ловушечных съёмок. В обоих случаях отличия значений были не критичными, у них имеется сходный ретроспективный тренд динамики численности. Поэтому, данные по численности крабов, полученные во время четырёх ловушечных съёмок, оставлены без введения для них корректирующих коэффициентов, как это предполагается выполнять для математической обработки таких данных [Буяновский, 2020 б]. Ввиду того, что любые корректирующие коэффициенты сами по себе также несут в различной степени допущения,

Таблица 1. Оценка численности по данным учётных съёмок (млн экз.) и промысловые показатели *P. platypus* в 2005–2021 гг.

Table 1. Estimation of the number according to direct accounting data (million copies) and commercial indicators of *P. platypus* in 2005–2021

Год	Площадь учетной съёмки, км²	Самцы, млн экз.				Самки, млн экз.	Пром. усилие, экз./лов.	Средне- суточный вылов, т	Вылов за год, т
		Промыс- ловые	Пререкруты		Ранняя молодь				
			I (мм)	II (мм)					
		≥130 мм	115–129	100–114	<100 мм				
2005 ¹	163000	6,500	2,570	3,630	3,630	15,625	1,54	1,153	765,3
2006 ²	29162	5,800	1,910	2,800	2,800	1,785	2,20	1,332	852,1
2007 ²	19187	6,800	1,730	2,770	2,770	3,604	1,40	3,423	1335,6
2008 ¹	36360	5,500	0,910	1,640	1,640	9,482	1,10	1,198	1202,0
2009 ²	81100	5,600	1,390	2,510	2,510	11,325	0,90	1,306	1171,1
2010 ¹	187782	3,800	1,390	2,530	2,530	13,316	0,80	1,262	977,1
2011 ³		4,900	3,170	3,790	3,790	21,7605	0,70	1,705	1093,5
2012 ¹	39967	6,000	4,950*	5,050*	5,050*	30,205*	0,60	2,361	1027,0
2013 ²	31500	7,500	3,110	2,620	2,620	18,561	0,60	2,926	885,2
2014 ¹	24470	13,700	3,280	2,070	2,070	22,314	2,40	5,483	1612,2
2015 ¹	51912	15,200	1,370	0,620	0,620	17,555	3,40	6,616	1980,8
2016 ¹	36200	16,800	1,670	0,810	0,810	16,648	3,92	5,909	2204,3
2017 ¹	174300	18,133*	1,720	0,800	0,800	20,881	4,44*	10,057*	2954,0
2018 ³		13,880	1,618	0,979	1,381	17,572	3,57	7,051	2871,1
2019 ¹	60893	9,628	1,515	1,159	1,961	14,263	3,75	7,330	3965,3
2020 ¹	113700	5,973	2,155	1,885	1,471	7,909	2,62	5,300	4731,9*
2021 ¹	81921	6,019	1,250	0,644	1,392	3,835	3,18	5,914	4606,8

Примечание: * — максимальное значение численности или параметра за период исследования; ¹ — год траловой съёмки; ² — год ловушечной съёмки; ³ — учетных съёмок не было.

на данном этапе исследований коррекцию значений результатов между съёмками не проводили.

Имеющиеся материалы о численности различных функциональных групп синего краба были сформированы в виде визуализированной ретроспективной графики. Такой подход даёт динамическую характеристику состояния запаса *P. platypus* и отражает его вариативность в исследуемый период 2005–2021 гг. Оценку состояния численности и/или биомассы запаса западно-берингоморской популяции *P. platypus* предлагается давать с помощью *индекса относительной численности* ($I\%N$) [Моисеев и др., 2021] по формуле, которая имеет вид:

$$I\%N = (a / N_{max}) \times 100\%, \quad (1)$$

где: a — численность функциональной группы краба, полученная в год проведения учётной съёмки, млн экз.; N_{max} — максимальная округлённая в большую сторону или действительная максимальная численность этой группы крабов, наблюдавшаяся по результатам одной из учётных съёмок в исследуемый период 2005–2021 гг.

В западно-берингоморской популяции синего краба выделяют три размерно-половые группы — промысловые самцы с шириной карапакса (ШК) от 130 мм и более, непромысловые самцы с ШК менее 130 мм и самки. Но при прогнозировании запаса на 1–2 года вперёд группу, состоящую из непромысловых самцов, разделяют на три размерно-возрастные подгруппы по ШК: пререкруты I порядка — 115–129 мм, пререкруты II порядка — 100–114 мм и молодые самцы — менее 100 мм [Федотов, 2017; Федотов, Черниенко, 2019]. В связи с этим для каждой из пяти функциональных групп синего краба были установлены года с максимальным значением численности для этой группы (см. табл. 1). За 2005–2021 гг. максимальная численность *P. platypus* по функциональным группам составляла: 1) в 2017 г. промысловые самцы с ШК ≥ 130 мм — 18,133 млн экз. (произвели округление в большую сторону до первого десятичного знака — 18,2 млн экз., приняв эту максимальную величину за 100%); 2) в 2012 г. самцы пререкруты I порядка (ШК 115–129 мм) — 4,95 млн экз. (значение округлили до 5,0 млн экз.— 100%); 3) в 2012 г. самцы пререкруты II порядка (ШК 100–114 мм) — 5,05 млн экз. (значение округлили до 5,1 млн экз.— 100%); 4) в 2012 г. ранняя молодь самцов (ШК < 100 мм) — 5,05 млн экз. (величину округлили до 5,1 млн экз.— 100%); 5) в 2012 г. самки — 30,205 млн экз. (округлили до 30,3 млн экз.— 100%).

В дальнейшем для каждого года в ретроспективном ряду и для каждой из функциональных групп

краба применяя формулу (1) находили индекс относительной численности $I\%N$. Индекс $I\%N$ выражается в процентах (или в числовых единицах).

Кроме индекса относительной численности $I\%N$, имеющиеся материалы позволяют получить относительные индексы и по другим параметрам, которые прямо или опосредованно могут характеризовать состояние изучаемого запаса. Такими индексами относительности могут быть ещё четыре параметра:

1. *Индекс относительной плотности распределения* ($I\%P$), значения которого позволяют дать качественную оценку распределению крабов на обследованной площади как для промысловой части запаса, так и для ближайшего его пополнения. Для этого были определены средние значения плотности крабов на 1 км² для каждой функциональной группы *P. platypus* исходя из базы данных.

2. *Индекс относительного среднесуточного вылова* ($I\%M$) промысловых судов устанавливается для самцов промыслового размера в целом за промысловый год для краболовных судов по данным ССД.

3. *Индекс относительного улова на сэмплер* ($I\%m$) отображает динамику промыслового усилия, количество выловленных промысловых самцов синего краба в среднем за год на одну ловушку исходя из данных, предоставляемых промысловой статистикой.

4. *Индекс относительного освоения ОДУ* ($I\%V$) в ретроспективе воспроизводит динамику ежегодного изъятия (освоение ОДУ) синего краба в западной части Берингова моря от максимального вылова, наблюдавшегося в изучаемом историческом периоде. Индекс относительного освоения ОДУ ($I\%V$) является непосредственно оценочной характеристикой промысловой смертности эксплуатируемой популяции синего краба.

Последние три относительных индекса устанавливаются только для промысловых самцов. Данные для индексов, использующих промысловую статистику $I\%M$, $I\%m$ и $I\%V$ взяты из ежедневных суточных судовых донесений (ССД) отраслевой системы мониторинга (ОСМ) Росрыболовства.

Алгоритм расчёта для всех относительных индексов имеет вид формулы (1) с применением соответствующих максимальных показателей их параметров за 2005–2021 гг. (см. табл. 1, 2). Таким образом, все индексы относительности ($I\%N$, $I\%P$, $I\%M$, $I\%Vm$, $I\%V$) будут представлены в едином масштабе (в процентах) [Моисеев и др., 2021], а имеющийся материал позволит провести сравнительный анализ индексов относительности для пяти параметров.

Таблица 2. Максимальные значения различных статистических параметров *P. platypus* за 2005–2021 гг.
Table 2. Maximum values of various statistical parameters of *P. platypus* for 2005–2021

Параметры	Самцы промысловые	Пререкруты I	Пререкруты II	Ранняя молодь	Самки
	≥130 мм	115–129 мм	100–114 мм	<100 мм	
Численность, млн экз.	18,2 (2017*)	5,0 (2012)	5,1 (2012)	5,1 (2012)	30,3 (2012)
Плотность, экз./кв. км	560 (2014)	135 (2014)	145 (2007)	145 (2007)	912 (2014)
Улов, экз./лов	4,5 (2017)	–	–	–	–
с/с** вылов, т	10,1 (2017)	–	–	–	–
Общий вылов за год, т	4732 (2020)	–	–	–	–

Примечание: * – год наблюдения максимальных значений; ** – среднесуточный вылов краболовных судов за год.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Имеющиеся ретроспективные данные по численности функциональных групп синего краба рассматриваются в сравнении между индексом относительной численности ($I\%N$) и индексом относительной плотности распределения ($I\%P$) для всех групп крабов представленных в табл. 1. Для группы промысловых самцов наравне с индексами $I\%N$ и $I\%P$ рассматриваются ещё три индекса – индекс относительного среднесуточного вылова ($I\%M$), индекс относительного улова на самплер ($I\%m$) и индекс относительного годового вылова ОДУ ($I\%V$).

Индекс относительной численности ($I\%N$)

Исходя из данных прямого учёта синего краба в Западно-Беринговоморской зоне (см. табл. 1) и результатов расчётов по формуле (1) была сформирована база с индексами относительной численности ($I\%N$) для пяти функциональных групп *P. platypus*. Ретроспективную динамику индекса относительной численности $I\%N$ представили в графическом виде для каждой функциональной группы по отдельности (рис. 2). Среди функциональных групп синего краба численность самцов непромыслового размера и самок оказалась наиболее вариабельной. У этих групп в период 2005–2008 гг. наблюдалось снижение индекса относительной численности, а затем отмечался рост до максимальных значений в 2012 г. Начиная с 2013 г. по настоящее время вновь наблюдались снижение и вариативность их индексов относительной численности $I\%N$.

Промысловые самцы. В начале рассматриваемого периода с 2005 по 2010 гг. у этой группы крабов наблюдалось небольшое колебание численности с постепенным снижением относительного индекса $I\%Np$. В 2010 г. было отмечено минимальное историческое

значение, которое составило около 20% (единиц). В дальнейшем у самцов с ШК ≥130 мм наблюдался рост индекса $I\%Np$, достигнув максимального значения в 2017 г. К настоящему времени численность промысловых самцов снизилась и стабилизировалась, её индекс $I\%Np$ не превышает 35% (рис. 2 А).

Непромысловые самцы. У трёх функциональных групп самцов, составляющих непромысловую часть особей с ШК <130 мм (рис. 2 Б; В; Г), наблюдалось практически синхронное колебание значений индекса относительной численности $I\%N$. В ретроспективе можно выделить четыре периода. В период 2005–2008 гг. у пререкрутов I наблюдалось снижение значений их индекса $I\%N1$, в 2008 г. было зафиксировано минимальное значение индекса $I\%N1$ –18%. С 2009 по 2012 гг. у всех групп молоди шёл интенсивный рост индекса $I\%N$ с достижением максимальных значений в 2012 г., а с 2013 по 2015 гг. наблюдалось кратное снижение $I\%N$. В 2015 г. у пререкрутов II и ранней молоди были достигнуты минимальные значения индекса $I\%N$. В последние годы индексы относительной численности у пререкрутов I–II ($I\%N1$ и $I\%N2$) и ранней молоди самцов ($I\%N3$) варьируют в значительных пределах от 15 до 35%.

Самки. В начале анализируемого периода у самок произошло многократное снижение численности в 2006 г., в этот год их относительный индекс $I\%Ns$ имел минимальное значение – всего 5,9%. В дальнейшем с 2007 до 2012 гг. у самок шёл рост численности, в 2012 г. была достигнута максимальная величина индекса $I\%Ns$. С 2013 по 2017 гг. относительный индекс ($I\%Ns$) у самок уменьшился до значений 55–75%. К настоящему времени индекс $I\%Ns$ самок уже упал до 15–12% и находится незначительно выше минимальных значений 2006 г. (рис. 2 Д).

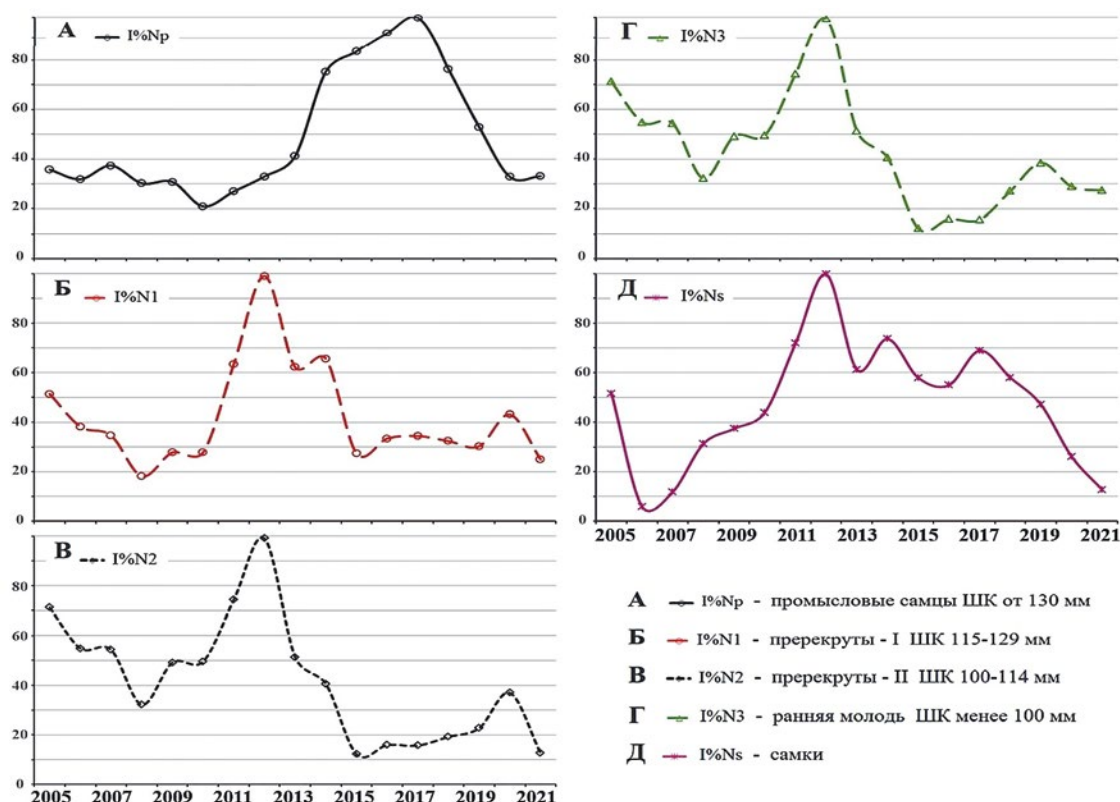


Рис. 2. Динамика индекса численности $I\%N$ среди различных функциональных групп *P. platypus* в 2005–2021 гг. (ось ординат $I\%N$ — индекс относительной численности в%. Максимальные величины численности в абсолютных значениях равные 100% даны в табл. 2):

А — промысловые самцы с ШК ≥ 130 мм; Б — пререкруты I с ШК 115–129 мм; В — пререкруты II с ШК 100–114 мм; Г — ранняя молодь с ШК < 100 мм; Д — самки

Fig. 2. Dynamics of the $I\%N$ abundance index among various functional groups of *P. platypus* in 2005–2021 (The ordinate axis $I\%N$ is the relative population index in%. The maximum numbers in absolute values equal to 100% are given in Table 2):

A — commercial males with a WC ≥ 130 mm; Б — prerekruts I with a WC of 115–129 mm; В — prerekruts II with a WC of 100–114 mm; Г — early juveniles with a WC < 100 mm; Д — females

Индекс относительной плотности распределения ($I\%P$)

В рассматриваемый период все три функциональные группы непромысловых самцов имели сходную ретроспективную динамику, для более наглядной визуализации происходящей динамики индекса плотности $I\%P$ пререкрутов II и раннюю молодь объединили в одну группу. У всех функциональных групп синего краба с 2005 по 20217 гг. индекс относительной плотности $I\%P$ имеет многопиковую пилообразную форму с большими перепадами значений $I\%P$. Если у непромысловых групп самцов индекс $I\%P$ демонстрировал синхронность в амплитудах в течение всего периода наблюдений, то у самок в 2005–2008 гг. и у промысловых самцов в 2011–2013 гг. отмечалась асинхронность в динамике значений индекса плотности $I\%P$ (рис. 3).

Наибольшее значение индекса плотности промысловых самцов ($I\%P_p$) наблюдалось в 2007, 2014 и 2016 гг., а максимальное значение было в 2014 г. У самцов пререкрутов I наибольшие значения индекса плотности ($I\%P_1$) были в 2007, 2012 и 2014 гг. с максимальной величиной в 2014 г. Максимальное значение индекса у объединённой группы молодых самцов, состоящей из пререкрутов II и ранней молодежи ($I\%P_2-3$), было отмечено в 2007 г., высокие показатели индекса были и в 2012–2014 гг. Следует отметить, что по сравнению с другими годами в указанные выше годы с максимальным значением плотностей площадь исследований была наименьшей (20–40 тыс. км²). Данное обстоятельство повлияло на получение высоких значений средних плотностей распределения крабов в районах НИР. В настоящий период индексы относительной плотности $I\%P$ всех функциональных групп синего краба находятся на очень низком уровне, со-

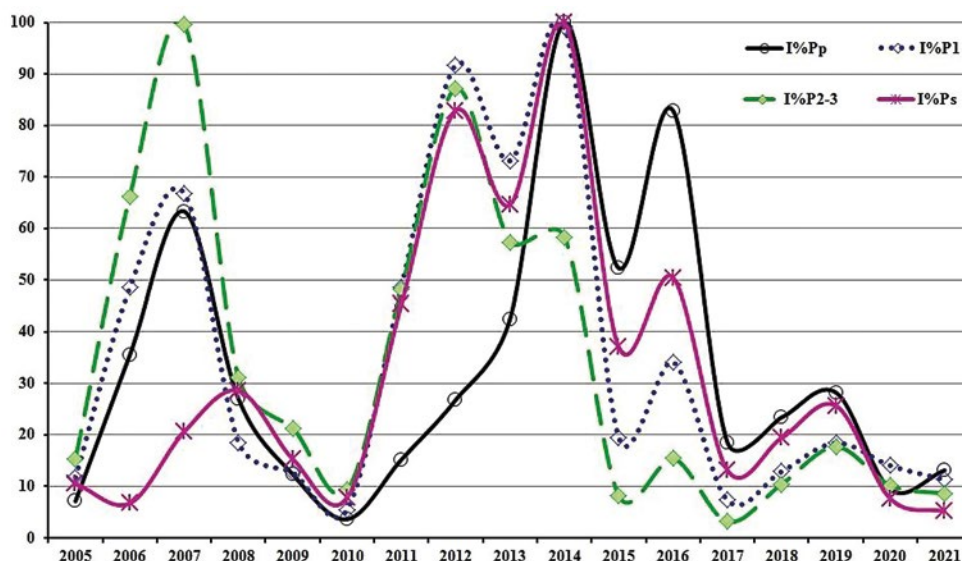


Рис. 3. Динамика индекса относительной плотности распределения $I\%P$ среди различных функциональных групп *P. platypus* в 2005–2021 гг. (ось ординат $I\%P$ – индекс относительной плотности распределения крабов в%. Максимальные величины плотности в абсолютных значениях равные 100% даны в табл. 2):

$I\%Pp$ – индекс относительной плотности промысловых самцов с ШК ≥ 130 мм; $I\%P1$ – индекс пререкрутов I с ШК 115–129 мм; $I\%P2-3$ – индекс молодых самцов с ШК ≤ 114 мм; $I\%Ps$ – индекс относительной плотности самок

Fig. 3. Dynamics of the index of relative density of distribution $I\%P$ among various functional groups of *P. platypus* in 2005–2021 (The ordinate axis $I\%P$ is the index of the relative density of the crab distribution in%. The maximum density values in absolute values equal to 100% are given in Table 2):

$I\%Pp$ – index of relative density of commercial males with WC ≥ 130 mm; $I\%P1$ – index of precruits I with WC 115–129 mm; $I\%P2-3$ – index of young males with WC ≤ 114 mm; $I\%Ps$ – index of relative density of females

ставляя около 10%. Этот показатель вызван не только снижением численности ближайшего пополнения в популяции синего краба, но и различной плотностью распределения крабов на больших акваториях исследований.

Индекс относительного среднесуточного вылова ($I\%M$) промысловых судов

В 2005–2021 гг. индекс среднесуточного вылова $I\%M$ краболовных судов за год указывает на значительную вариабельность этого показателя в 2006–2008 гг. и с 2013 г. по настоящее время (рис. 4 А). Наименьшее значение индекса $I\%M$ отмечалось в 2008 г. (около 12%), а максимальное было в 2017 г. В настоящее время в Западно-Беринговоморской зоне индекс относительного среднесуточного вылова $I\%M$ установился в пределах 50–60%. Наибольший рост среднесуточного вылова отмечен с 2013 г. Данное обстоятельство, связанное с резким ростом индекса $I\%M$, вызвано изменениями организационно-правовых норм. Начиная с 2013 г. были введены нормативы суточного вылова синего краба для промысловых судов. В 2017 г. было отмечено максимальное значение среднесуточного вылова, а также в этот год отмечен наибольший промысловый запас синего краба.

Индекс относительного улова на сэмплер ($I\%t$)

Этот индекс отражает динамику промыслового усилия и менее вариабелен в ретроспективной динамике, чем индекс среднесуточного вылова судов $I\%M$. Индекс $I\%t$ постепенно снижался в период с 2007 г. до 2012–2013 гг., достигнув минимального значения (около 13 единиц). После 2013 г. наблюдался интенсивный рост этого показателя, а в 2017 г. было достигнуто максимальное значение. В настоящий период значение индекса относительного улова на ловушку (сэмплер) варьирует в пределах 60–70% (рис. 4 Б), он незначительно выше индекса $I\%M$.

Индекс относительного освоения ОДУ ($I\%V$)

Данный индекс отражает ежегодную промысловую смертность (вылов рекомендованного объема ОДУ). В отличие от индекса среднесуточного вылова судов $I\%M$ и индекса среднего вылова на ловушку $I\%t$ индекс $I\%V$ оказался менее вариабельным из них. Минимальное значение индекса вылова ($I\%V$) наблюдалось в начале ретроспективного периода в 2005 г., а максимальное значение $I\%V$ было в 2020 г. (рис. 4 В). На современном этапе значение индекса относительного освоения ОДУ $I\%V$ находится чуть выше 95 единиц.

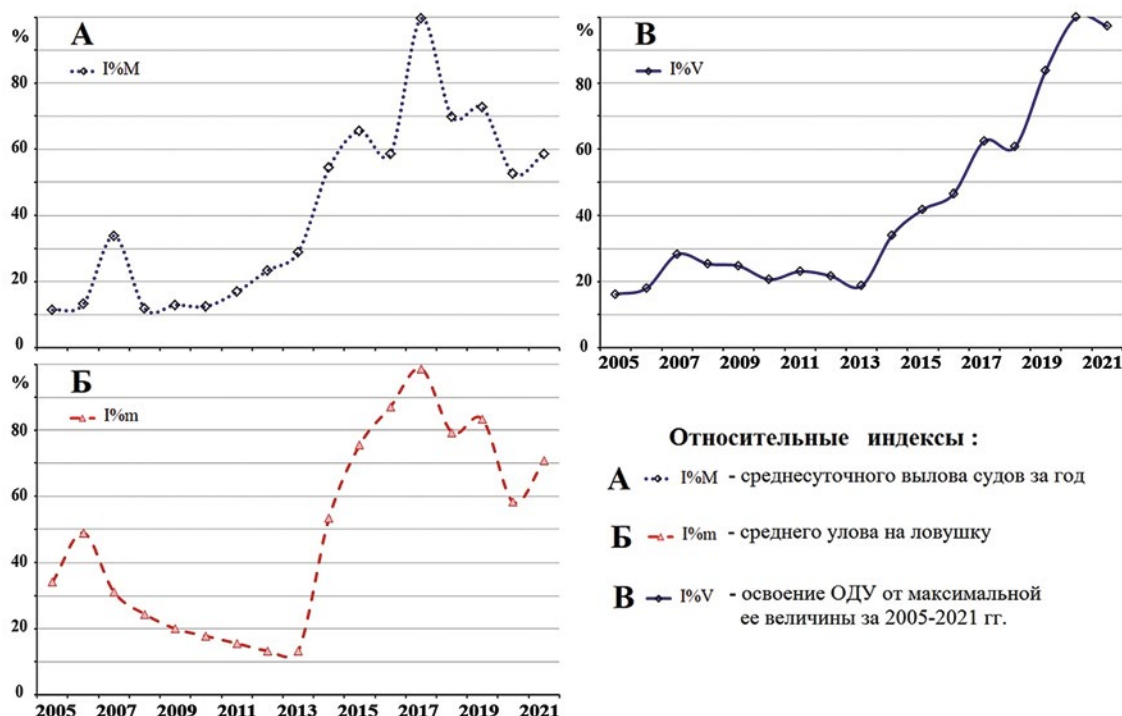


Рис. 4. Динамика относительных индексов для промысловых самцов *P. platypus* в 2007–2021 гг. (ось ординат — индексы относительности, в%. Максимальные величины параметров в абсолютных значениях, равные 100%, даны в табл. 2):

(А) $I\%M$ — индекс относительного среднесуточного вылова промысловых судов; (Б) $I\%m$ — индекс относительного улова на сапpler ($I\%m$) за год; (В) $I\%V$ — индекс освоения ОДУ от максимальных объёмов вылова за период 2005–2021 гг.

Fig. 4. Dynamics of relative indices for commercial males of *P. platypus* in 2007–2021 (The ordinate axis is the relativity indices in%. The maximum values of the parameters in absolute values equal to 100% are given in Table 2):

(А) $I\%M$ is the index of the relative average daily catch of fishing vessels; (Б) $I\%m$ is the index of the relative catch per sampler ($I\%m$) for the year; (В) $I\%V$ is the catch index the recommended amount of withdrawal from the maximum catch for the period 2005–2021

ОБСУЖДЕНИЕ

В западной части Берингова моря более 30 лет промышленный вылов синего краба носит непрерывный характер. В зависимости от перераспределения в промысловой части синего краба его освоение осуществляется в Корякском районе или в Наваринском [Андронов, Мясников, 1999; Мясников, Андронов, 1999; Федотов, Винников, 2015; Федотов, 2017; Федотов, Черниенко, 2019; Буяновский, 2020 б]. В период максимальной численности синего краба на обоих промысловых районах формируются практически равные по плотности распределения скопления этого вида. Подобная картина наблюдалась в 2017 и 2021 гг.

Применение индекса относительной численности на историческом отрезке помогает в простой и доступной форме показать как текущую картину состояния запаса краба, так и динамику ретроспективного развития состояния изучаемой единицы запаса [Моисеев и др., 2021]. Ранее, для изучения промысловых скоплений крабов, А.Ю. Огурцовым [2005] было при-

менено единое масштабирование уловов крабов за разные годы и сезоны, выраженное в процентах от максимального улова, отмеченного в изучаемый исторический период. Подобный подход единого масштабирования было применено для ряда относительных индексов ($I\%N$, $I\%P$, $I\%M$, $I\%m$ и $I\%V$), характеризующих различные параметры единицы запаса. Ввиду того, что все эти индексы относительности выражены в едином масштабе, то их значения можно объединить в едином визуализированном ретроспективном графике.

Исходя из результатов учётных съёмок 2005–2021 гг., необходимо сравнить актуальность индекса относительной численности $I\%N$ и индекса относительной плотности $I\%P$. Максимальные межгодовые перепады значений индекса $I\%N$ были редкими и составляли до 25–35%, исключение было однажды у ранней молодки, когда перепад составил 45 единиц (см. рис. 2). А вот, колебания индекса $I\%P$ были резкими и частыми с многочисленными перепадами до 60 и более единиц (см. рис. 3). Вариабельность индекса $I\%P$ на ретроспективном отрезке оказалась не кор-

ректной для характеристики состояния численности той или иной функциональной группы синего краба. Значение этого индекса оказалось зависимым от площади проведения НИР, а также и от миграционных и поведенческих особенностей синего краба, влияющих на формирование плотности скоплений. Подобное свойство вариативности индекса относительной плотности западно-берингоморской популяции синего краба имеет сходство с таковым индексом для западно-камчатской популяции синего краба. Это связано с тем, что основная доля запаса в популяции синего краба (до 60 и более%) может находиться на относительно небольшой площади, поэтому в определённых случаях во время учётных съёмок исследования проводятся не на всем ареале эксплуатируемой популяции, а только на её части – там, где имеются повышенные скопления этого вида. В этих случаях оценка запаса снижается не так значительно, а вот средняя плотность распределения объекта по району НИР резко возрастает [Моисеев, Моисеева, 2019; Моисеев и др., 2021]. В случаях проведения НИР на малых площадях характеристика состояния запаса с применением индекса относительной плотности $I\%P$ может быть существенно завышенной и некорректной. В связи с этим этот индекс был исключён из дальнейшего сравнительного анализа относительных индексов, установленных для группы промысловых самцов $I\%M$, $I\%m$, $I\%V$ (см. рис. 4) и индекса относительной численности $I\%Np$ (см. рис. 2 А). Рассмотрение этих относительных индикаторов единым визуализированным блоком на одном графике позволяет дать как ретроспективную, так и текущую характеристику состояния запаса западно-берингоморской популяции синего краба.

Промысловые самцы, сравнительный анализ индексов $I\%N$, $I\%M$, $I\%m$ и $I\%V$

Ранее А.И. Буяновским [2020 а, б] было показано, что выгодным преимуществом для характеристики полученных оценок запаса является включение в математические расчёты запасов крабов данных промысловой статистики, научного мониторинга и материалов учётных съёмок. А применение граничных процентилей 33,3 и 66,7 %, в цветовых полях метода «светофора», можно успешно дополнить четырёхзонным методом квартилей с интервалом 25 % [Моисеев и др., 2021]. Каждая зона квартилей характеризует состояние запаса через значения относительных индексов, выраженных в процентах: 1) хорошее ($Q_1 > 75$); 2) удовлетворительное ($50 > Q_2 \leq 75$); 3) неопределённое ($25 > Q_3 \leq 50$); 4) неудовлетворительное ($Q_4 \leq 25$) (этот запас находится в зоне депрессии).

В связи с этим для функциональной группы промысловых самцов ниже рассмотрены основные относительные индексы $I\%N$, $I\%M$, $I\%m$ и $I\%V$ (рис. 5), а их максимальные величины в абсолютных значениях (см. табл. 2) были приняты за 100 %. В ретроспективном периоде 2005–2021 гг. можно выделить 3 периода – снижение значений относительных индексов, их роста и нового снижения индексов.

Первый период 2005–2010 гг. – период низких значений как индексов из промысловой статистики ($I\%M$, $I\%m$ и $I\%V$), так и индекса относительной численности промысловых особей ($I\%Np$). По методу «светофора» практически все они были менее граничной величины 33,3 % и должны находиться в красном поле. Исключение было у индекса относительного вылова на ловушку $I\%m$ в 2006 г. (49 %), но далее, в отличие от других индексов, индекс $I\%m$ в течение 7 лет продолжал снижаться до 2013 г. Более подробные характеристики значениям относительных индексов даёт четырёхзонный метод квартилей. В первом периоде индексы относительности периодически были в зоне неопределённости (Q_3) или в зоне депрессивного состояния (Q_4), но они имели постоянный тренд на снижение. Индекс относительной численности $I\%Np$ в 2005–2009 гг. постоянно находился в зоне неопределённости (Q_3) и лишь в 2010 г. этот индекс оказался в верхней части зоны депрессии (около 21 %), как и другие индексы $I\%M$, $I\%m$ и $I\%V$ (рис. 5). Следует отметить, что в 2005–2010 гг. низкие значения промысловых относительных индексов $I\%M$, $I\%m$ и $I\%V$, характеризующих промысловую смертность, прямо или косвенно, но, возможно, положительно повлияли на рост промысловой численности синего краба в последующие годы второго периода.

Второй период 2011–2017 гг. – период роста значений индексов промысловой статистики ($I\%M$ и $I\%V$) и индекса численности $I\%Np$. Индекс относительного промыслового усилия на ловушку ($I\%m$), начав снижаться в 2007 г., продолжил постепенное снижение и в 2011–2013 гг., достигнув минимального значения в 2013 г. В 2014 г. был отмечен резкий рост значений индекса $I\%m$. При оценке индикаторов трёхзонным методом «светофора», все индексы в 2014 г. покинули красное поле и вошли в зону жёлтого поля. В 2017 г. индексы $I\%Np$, $I\%M$ и $I\%m$ достигли предельных значений. Во втором периоде индекс освоения объёмов ОДУ $I\%V$ оставался в жёлтом поле и продолжал постепенный рост (до 63 %). При оценке показателей индексов четырёхзонным методом квартилей отличия от метода «светофора» были не значительными. Так продолжительность нахождения индексов $I\%Np$ и $I\%m$ в зоне высоких значений (Q_1) была не

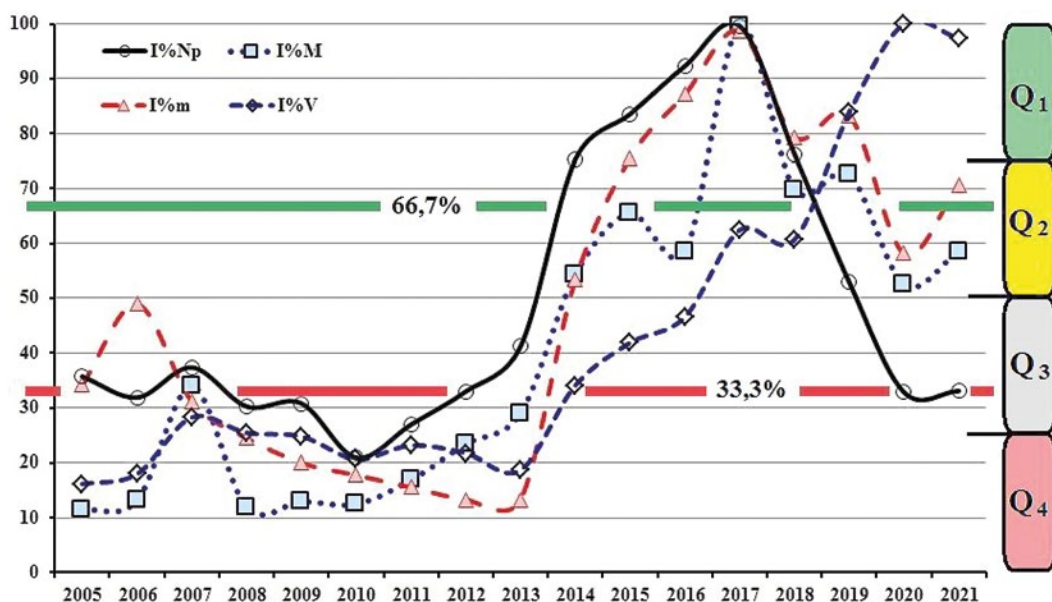


Рис. 5. Сравнение относительных индексов, применяемых для промысловых самцов *P. platypus*: $I\%N$ — индекс относительной численности; $I\%M$ — относительный индекс среднесуточного вылова судов за год; $I\%m$ — относительный индекс среднего улова на саплер; $I\%V$ — относительный индекс освоения (вылова) ОДУ краба за год. Линиями 33,3% и 66,6% обозначены пороговые значения метода «светофора». Обозначение Q_1 - Q_2 - Q_3 - Q_4 — четыре зоны метода квартилей

Fig. 5. Comparison of relative indices used for commercial males of *P. platypus*. Designation: $I\%N$ relative abundance index; $I\%M$ relative index of average daily catch of vessels for the year; $I\%m$ relative index of average catch per sampler; $I\%V$ relative catch index of recommended crab withdrawal for the year. The lines 33.3% and 66.6% indicate the threshold values of the “traffic light” method. The designation Q_1 - Q_2 - Q_3 - Q_4 is the four zones of the quartile method

продолжительной (2015–2017 гг.), а индекс $I\%M$ был в зоне Q_1 только в 2017 г.

Третий период 2017–2021 гг. — период вариабельного снижения значений индексов $I\%M$ и $I\%m$ в район между зонами Q_1 и Q_2 , а также существенного снижения индекса относительной численности $I\%Nr$ в нижнюю часть зоны неопределённости (Q_3). В 2017–2021 гг. значения индекса освоения объёмов ОДУ $I\%V$ продолжали рост, начатый во втором периоде, достигнув предельной величины в 2020 г. и чуть снизившись в 2021 г. (рис. 5).

В период с 2017 по 2021 гг., с одной стороны, относительные индексы, отражающие промысловую статистику $I\%M$, $I\%m$ и $I\%V$, находятся на высоком уровне как по методу «светофора», так и по четырёхзональному методу квартилей. Но, с другой стороны, индекс относительной численности среди промысловых самцов $I\%Nr$ по методу «светофора» находится возле критической границы (33,3%) вхождения в красное поле. В отличие от метода «светофора» по четырёхзональному методу квартилей промысловый запас находится практически в середине зоны неопределённости, а данный уровень численности не столь критичен для запаса. Стабилизация значений индекса промысловый численности самцов $I\%Nr$ в 2020–2021 гг. позволяет предположить, что в ближайшие год-два мож-

но будет ожидать восстановления значений индекса численности промысловых особей $I\%Nr$ до 40–50%, что соответствует верхнему уровню зоны неопределённости (Q_3). Подобный сценарий развития динамики промыслового запаса станет возможным в случае дальнейшего снижения промысловых индексов $I\%M$, $I\%m$ и $I\%V$ или, если их значения останутся на уровне 2021 г. На подобный сценарий развития динамики запаса указывает ретроспективная динамика индексов относительности $I\%M$, $I\%m$, $I\%V$, и $I\%Nr$ (см. рис. 5).

Применение индекса $I\%N$ для оценки состояния запаса или численности

В различных районах обитания синего краба при оценке численности различных функциональных групп среди непромысловых самцов имеются отличия в формировании функциональных групп. В Западно-Беринговоморской зоне и в подзоне Приморье пререкруты I порядка составляют 115–129 мм, пререкруты II порядка — 100–114 мм, ранняя молодь <100 мм. В подзонах Охотского моря параметры пререкрутов отличаются более узкими размерными классами: пререкруты I — 120–129 мм, пререкруты II — 110–119 мм, а ранняя молодь <110 мм. Возможно, имеющиеся отличия в размерных диапазонах функциональных групп молодых самцов, в указанных

выше района, обусловлены особенностями темпа роста у синего краба, обитающего в разных климатических районах. Поэтому, при формировании размерно-функциональных групп крабидов необходимо учитывать и их линейный прирост по ШК после линьки, который составляет до 1,5–2,0 см [Клитин, 1996; Слизкин, Долженков, 1997; Лысенко, Гайдаев, 2005; Федотов, Черниенко, 2019]. Поэтому, в районе западной части Берингова моря для самцов непромыслового размера можно сформировать две группы. Исходя из возможного линейного прироста крабов, группу ближайшего промыслового пополнения из пререкрутов I с ШК 115–129 мм нужно оставить без изменения размерного класса, а самцов пререкрутов II и раннюю молодь объединить в одну группу с ШК менее 115 мм. Объединение двух групп молодых самцов в одну группу сократит число функциональных групп самцов до трёх. Тем более, что функциональные группы непромысловых самцов имеют сходную вариабельность, а вариативность пререкрутов II и ранней молоди самцов очень близка между собой как в абсолютных единицах, так и при выражении их в одном масштабе (см. табл. 1 и рис. 2 В; Г). В этом случае индексы относительной численности индекса $I\%N$ для пяти функциональных групп (см. рис. 2) можно объединить в одном графике, избежав его перегруженности. Демонстрация

ретроспективной динамики индексов относительной численности ($I\%N$) функциональных групп синего краба, выполненная единым графиком, позволяет наглядно и оперативно дать качественную оценку состоянию запаса на любом отрезке изучаемого исторического периода [Моисеев и др., 2021].

Для оценки состояния запаса синего краба был построен график динамики численности четырёх групп в относительных индексах $I\%N$: для промысловых самцов – $I\%Np$; для пререкрутов I – $I\%N1$; для объединённой группы молодых самцов (ШК ≤ 114 мм) – $I\%N2-3$ и для самок – $I\%Ns$. В отличие от индексов промысловой статистики $I\%M$, $I\%t$ и $I\%V$, имеющих общую тенденцию ретроспективной динамики (см. рис. 5), у индексов численности $I\%N$ среди выделенных четырёх функциональных групп такая взаимосвязь встречается частично (рис. 6).

В период 2005–2021 гг. для функциональных групп выделяются четыре периода, в которых индексы численности у 2–3 групп имели общий тренд развития динамики, а у одной и иногда у двух групп тренды были разнонаправленными. Поэтому, динамику значений индексов для функциональных групп, представленных единым графическим блоком, можно рассмотреть как в свете граничных значений процентилей 33,3 и 66,7%, так и в зонах квартилей (Q_1 – Q_4). Следует

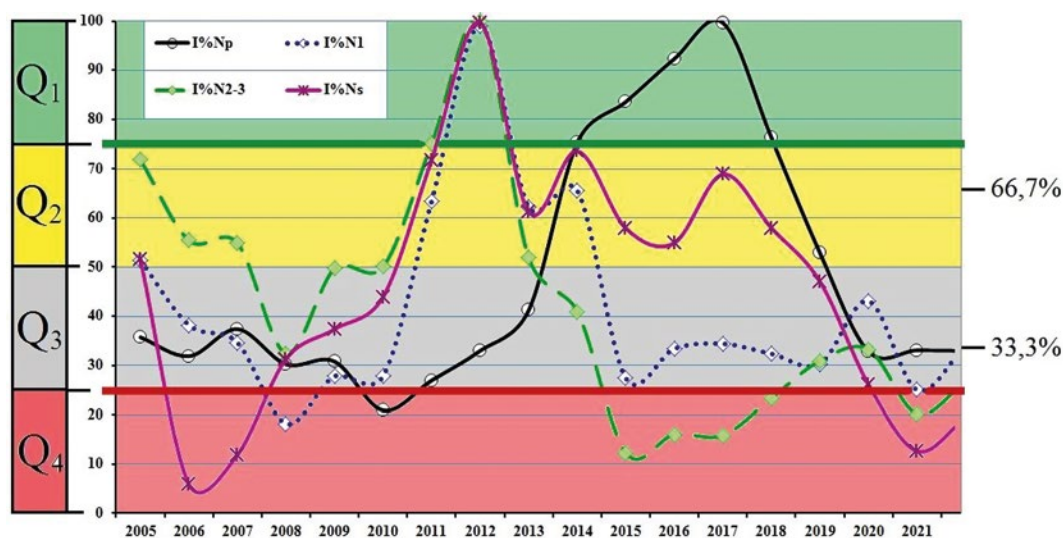


Рис. 6. Динамика индексов относительной численности *P. platypus* в 2007–2021 гг. (ось ординат – относительные индексы $I\%Np$, $I\%N1$ –3, $I\%Ns$, в процентах):

$I\%Np$ – индекс относительной численности промысловых самцов; $I\%N1$ – индекс относительной численности всех пререкрутов I (ШК 115–129 мм); $I\%N2-3$ – индекс относительной численности молодых самцов с ШК ≤ 114 мм; $I\%Ns$ – индекс относительной численности самок. Цифрами 33,3% и 66,6% обозначены пороговые значения метода «светофора». Q_1 – Q_2 – Q_3 – Q_4 – четыре зоны метода квартилей

Fig. 6. Dynamics of *P. platypus* relative abundance indices in 2007–2021 (Ordinate axis – relative indices $I\%Np$, $I\%N1$ –3, $I\%Ns$ as a percentage):

Designations: $I\%Np$ – index of the relative number of commercial males; $I\%N1$ – index of relative abundance of prerekruts I (WC 115–129 mm); $I\%N2-3$ – index of relative abundance of young males with WC ≤ 114 mm; $I\%Ns$ – index of the relative number of females; The figures 33.3% and 66.6% indicate the threshold values of the traffic light method. Q_1 – Q_2 – Q_3 – Q_4 – four zones of the quartile method

заметить, что максимальные значения численности по данным учётных съёмок за ретроспективный период 2005–2021 гг. (см. табл. 2) приняты за 100%.

Период 2005–2010 гг. Это период низких значений индекса самцов промыслового размера $I\%Nr$, метод «светофора» указывал, что значения этого индекса были в красном поле или около граничных значений 33,3%. Метод же квартилей свидетельствовал о том, что численность промысловых самцов была более благополучной, их индекс численности $I\%Nr$ оставаясь в нижней части зоны неопределённости (Q_3) постепенно снижался. В зоне депрессивного состояния (Q_4) значение индекса $I\%Nr$ было кратковременным – только в 2010 г. (рис. 6).

В это же время, начиная с 2005 г. происходит резкое снижение индекса численности $I\%N1$ пререкрутов I и индекса $I\%N2-3$ молодых самцов (ШК ≤ 114 мм) из благополучной градиентной зоны 66,7%. В 2008 г. обе группы непромысловых самцов были уже в красном поле – менее 33,3%. Но метод квартилей был не столь категоричен, т. к. группа молодых самцов не достигла депрессивной зоны (Q_4). А пререкруты I были в депрессивной зоне только в 2008 г. (около 19%), а в 2021 г. индекс численности $I\%N1$ вновь достиг уровня 2009–2010 гг. и составлял 25%. Индексы численности непромысловых групп самцов находясь на уровне 2009–2010 гг. косвенно могут указывать на краткосрочный характер их неблагоприятного состояния. Резкие перепады и большие амплитуды значений индекса численности для молоди крабоидов явление обычное [Слизкин, Сафронов, 2000].

Индекс численности самок $I\%Ns$ после 2005 г. восьмикратно снизился за один год, войдя в красную зону на два года (2006–2007 гг.), а в 2009–2010 гг. индекс $I\%Ns$ уже был в верхней части зоны неопределённости (Q_3), достигнув значения около 45% (рис. 6).

Период 2011–2013 гг. Этот трёхлетний период характеризуется равномерным и постепенным ростом индекса промысловой численности у самцов $I\%Nr$ в зоне неопределённости (Q_3) с 27 до 41%. А по трёхзональному методу «светофора» индекс промысловых самцов ещё два года был в красном поле. В это же время другие функциональные группы крабов, характеризующиеся индексами $I\%N1$, $I\%N2-3$ и $I\%Ns$, синхронно и стремительно увеличивали значения своих индексов на 50–60 единиц, достигнув исторического максимума в 2012 г. (рис. 6). А уже в 2013 г. параметры этих индексов также резко снизились на 30–40%. При этом, в период 2011–2013 гг. в отличие от индекса промысловой численности самцов, пребывавших в зоне неопределённости (Q_3), группы молодых самцов и самок находились в двух благополучных зо-

нах, характеризующихся как удовлетворительная (Q_2) и хорошая (Q_1).

Период 2014–2018 гг. Индекс промысловой численности самцов $I\%Nr$ в этот период вошёл в зону удовлетворительного состояния (Q_2) и в 2017 г. достиг в зелёной зоне Q_1 максимальных величин (рис. 6). В то же время, значения индекса численности пререкрутов I ($I\%N1$) и индекса молодых самцов ($I\%N2-3$) с ШК менее 115 мм быстро снижались. Индекс численности функциональной группы молодых самцов ($I\%N2-3$) уже в 2015 г. достиг зоны депрессии и минимальных значений за изучаемый период. В депрессивной зоне неудовлетворительного состояния (Q_4) молодые самцы находились четыре года до 2018 г. Значения индекса относительной численности самок в этот период были в удовлетворительной зоне (Q_2) и варьировали на уровне 66,7% (граничная зона метода «светофора»).

Период 2019–2021 гг. В текущий период индексы относительной численности всех функциональных групп после 2019 г. вошли в зону неопределённости Q_3 (рис. 6). Индексы относительной численности промысловых самцов $I\%Nr$ и пререкрутов I снизились до нижней части зоны неопределённости (Q_3), где они и будут, по-видимому, и в 2022 г. Предполагаемые значения на 2022 г. можно определить исходя из сложившегося среднего значения тренда за два-три последних года. Индексы маломерных самцов с ШК менее 115 мм ($I\%N2-3$) и самок ($I\%Ns$) в 2021 г. вошли в зону депрессии (Q_4). В случае развития динамики их численности по сценарию 2007–2008 гг. их индексы ($I\%N2-3$) и ($I\%Ns$) способны уже в 2022 г. войти в нижнюю часть зоны неопределённости (Q_3). Возможно, что 2022–2023 гг. могут стать определяющими, когда начнётся восстановление и рост численности всех функциональных групп синего краба западно-берингоморской популяции, так как подобное уже происходило в 2008–2010 гг. Одним из благоприятных условий развития подобного сценария может стать снижение или сохранение относительных индексов промысловой смертности на уровне 2021 г. (см. рис. 4–5), которая может составлять до 2 и более млн экз.

Построенная динамика индексов численности для различных функциональных групп синего краба (рис. 6) представляет собой динамику ретроспективных данных единым блоком. В настоящий период можно предположить, что в 2022–2023 гг. индексы численности $I\%N$ всех групп как минимум могут оставаться на уровне двух последних лет. В этом случае, индексы относительности, характеризующие численности функциональных групп из негативной зоны,

войдут в неопределённую (Q_3) достигнув уровня 40–45 %. Сформированную базу данных прямого учёта в период 2005–2021 гг. (см. табл. 1) в последующие годы необходимо дополнять регулярными учётными траловыми съёмками, как это наблюдалось в последние годы с 2014 г. В этом случае, оценка состояния запаса синего краба по четырёхзональному квартильному методу может служить оперативным индикатором в дополнение к модельным расчётам оценок запаса этого вида. Индекс относительной численности можно применять в комплексе с другими методами для принятия оперативного управленческого решения в определения оценок запаса или изъятия синего краба в Западно-Беринговоморской зоне как на текущий период, так и на 1–2 года вперед.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный ретроспективный сценарий динамики относительных индексов численности ($I\%N$) различных функциональных групп синего краба за период 2005–2021 гг. (см. рис. 6) отражает процесс, происходящий с состоянием запаса синего краба в рассматриваемый период. В период 2020–2021 гг. индексы функциональных групп молодых самцов и самок находятся в зонах, характеризующих их состояние как неудовлетворительное и неопределённое. Но подобная ситуация для этих функциональных групп синего краба происходила и ранее. Наблюдающаяся сейчас динамика значений индексов численности ($I\%N$) совпадает с характером динамики значений этих же индексов численности в 2008–2010 гг., когда после периода низких значений индексов следовал интенсивный рост их показателей, сходной динамики можно ожидать и в ближайшие 2022–2023 гг.

В целом же результаты позволяют предложить использовать индекс относительной численности $I\%N$ для ретроспективной оценки и анализа состояния запаса западно-берингоморской популяции синего краба. Этот индекс относительной численности может служить индикатором качественной оценки, характеризующей состояние численности (запаса) как для отдельно выделенной функциональной группы крабов, так и для объединённых групп крабов, населяющих Западно-Берингоморскую зону в целом или для её отдельных промысловых районов. Оценка состояния запаса по четырёх- зональному квартильному методу позволяет его использовать как дополнительный индикатор в принятии оперативного управленческого решения.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю признательность и благодарность коллегам, участвовавшим в сборе

данных, научным сотрудникам рыбохозяйственных институтов П.Ю. Иванову, Т.Б. Морозову, А.И. Поветкину и большую признательность экипажам научно-исследовательских судов за всевозможную помощь в экспедициях 2005–2021 гг.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа была выполнена в порядке личной инициативы и не имела дополнительного финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев Д.О., Буяновский А.И., Бизиков В.А. 2017. Принципы построения единой стратегии регулирования промысла крабов в морях России // Вопросы рыболовства. Т. 18. № 1. С. 21–41.
- Андронов П.Ю., Мясников В.Г. 1999. Распределение и биология синего краба (*Paralithodes platypus*) в наваринском районе в летне-осенний период // Изв. ТИНРО. Т. 126. С. 96–105.
- Бабаян В.К. 2000. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ): Анализ и рекомендации по применению. М.: ВНИРО. 192 с.
- Баканёв С.В. 2008. Результаты применения стохастической когортной модели CSA для оценки запаса камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в Баренцевом море // Вопросы рыболовства. Т. 9. № 2 (34). С. 294–306.
- Баканёв С.В. 2016. Методы оценки ориентиров управления запасом камчатского краба в Баренцевом море // Труды ВНИРО. Т. 161. С. 16–26.
- Бизиков В.А., Буяновский А.И., Гончаров С.М., Поляков А.В., Попов С.Б., Сидоров Л.К. 2013. Базы данных и геоинформационные системы в управлении водными биологическими ресурсами // Актуальные вопросы рационального использования водных биологических ресурсов. Мат. I Науч. шк. мол. учёных и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, посвящённой 100-летию со дня рождения проф. П.А. Моисеева. (15–19 апреля 2013 г.; Звенигород). М.: Изд-во ВНИРО. С. 108–133.
- Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. 2006. Новая географическая информационная система «Картмастер» для обработки данных биоресурсных съёмок // VII Всеросс. конфер. пром. беспозв. М.: Изд-во ВНИРО. С. 18–24.
- Буяновский А.И. 2012. Прогноз потенциального вылова прибрежных беспозвоночных при затруднении с оценкой запаса. Методические рекомендации. М.: Изд-во ВНИРО. 222 с.
- Буяновский А.И. 2020 а. Использование промысловой статистики для корректировки оценок запасов краба-стригуна опилио в морях России // Вопросы рыболовства. Т. 21. № 1. С. 106–124.

- Буяновский А.И. 2020 б. Динамика промысловых запасов синего краба в морях России с учётом данных промысловой статистики // Вопросы рыболовства. Т. 21. № 4. С. 423–439.
- Буяновский А.И., Алексеев Д.О. 2017. Промысловая статистика как индикатор состояния запаса промысловых беспозвоночных // Вопросы рыболовства. Т. 18. № 3. С. 268–282.
- Ильин О.И., Иванов П.Ю. 2015. Об одном модельном подходе к оценке состояния запасов камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* западнокамчатского шельфа // Изв. ТИНРО. Т. 182. С. 38–47.
- Ильин О.И., Иванов П.Ю. 2018. К оценке состояния запасов краба-стригуна бэрди Камчатско-Курильской подзоны // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 50. С. 27–33.
- Клитин А.К. 1996. Камчатский краб шельфовой зоны о. Сахалин (литературный обзор, история промысла, пространственная и функциональная структура популяций) // Вестник сахалинского музея. № 1 (3). С. 324–342.
- Лысенко В.Н., Гайдаев В.Э. 2005. Рост камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* в северной части западнокамчатского шельфа // Изв. ТИНРО. Т. 143. С. 119–127.
- Михайлов В.И., Бандурин К.В., Горничных А.В., Карасев А.Н. 2003. Промысловые беспозвоночные шельфа и континентального склона северной части Охотского моря. Магадан: МагаданНИРО. 284 с.
- Михеев А.А. 2003. Стохастическая когортная модель для беспозвоночных с прерывистым ростом // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: Труды Сахалинского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. Тр. СахНИРО. Т. 5. С. 216–242.
- Михеев А.А. 2004. Моделирование стохастических процессов в эксплуатируемых популяциях рыб и беспозвоночных. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Южно-Сахалинск: СахНИРО. 24 с.
- Михеев А.А., Букин С.Д., Первеева Е.Р., Живоглядова Л.А., Крутченко А.А., Смирнов И.П. 2012. Оценка запасов беспозвоночных в Сахалино-Курильском районе на основе анализа временных рядов уловов с применением фильтра Калмана // Изв. ТИНРО. Т. 168. С. 99–120.
- Моисеев С.И. 2003. Промыслово-биологические исследования камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в январе-марте 2002 г. в прибрежной зоне Варангер-фиорда (Баренцево море) // Труды ВНИРО. Т. 142. С. 151–177.
- Моисеев С.И., Моисеева С.А. 2019. Исследования доминирующих промысловых видов крабов Охотского моря осенью 2018 г. и весной 2019 г. // Труды ВНИРО. Т. 177. С. 204–214.
- Моисеев С.И., Сологуб Д.О., Шагинян Э.Р. 2021 а. Индекс относительной численности как оперативная оценка состояния запаса синего краба в заливе Шелихова Охотского моря // Труды ВНИРО. Т. 185. С. 5–21.
- Мясников В.Г., Андронов П.Ю. 1999. О популяционной организации синего краба (*Paralithodes platypus*) в Беринговом море // Изв. ТИНРО. Т. 126. С. 82–88.
- Огурцов А.Ю. 2005. К методике оценки запаса волосатого краба по данным ловушечных съемок в Татарском проливе // Труды ВНИРО. Т. 144. С. 294–303.
- Слизкин А.Г., Сафронов С.Г. 2000. Промысловые крабы прикамчатских вод. Петропавловск-Камчатский: Северная Пасифика. 180 с.
- Федотов П.А. 2017. Распределение, состояние запасов и некоторые биологические характеристики синего краба *Paralithodes platypus* в северо-западной части Берингова моря в 2005–2016 гг. // Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление: мат-лы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию Камчатского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. — Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 13–19.
- Федотов П.А., Винников А.В. 2015. К оценке промыслового запаса синего краба (*Paralithodes platypus*) в Олюторско-Наваринском районе Берингова моря // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: мат-лы 6-й всерос. науч.-практ. Конф. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 86–90.
- Федотов П.А., Черниенко И.С. 2019. Размерный состав и темпы роста самцов синего краба (*Paralithodes platypus* Brandt, 1850) в Российском секторе Берингова моря // Изв. ТИНРО. Т. 196. С. 81–89.
- Черниенко И.А. 2016. Моделирование динамики запаса колючего краба *Paralithodes brevipes* южных Курильских островов конечно-разностной моделью с запаздыванием // Изв. ТИНРО. Т. 185. С. 102–111.
- Черниенко И.С., Черниенко Э.П. 2019. Мультимодельный подход к прогнозированию некоторых единиц запаса водных биологических ресурсов Сахалино-Курильского региона // Вопросы Рыболовства. Т. 20. № 3. С. 374–386.

REFERENCES

- Alekseyev D.O., Buyanovskiy A.I., Bizikov V.A. 2017. General organizing principles of a unified strategy for managing crabs and king crabs fishery in the seas of Russia // Problems of fisheries. V. 18. № 1. P. 21–41.
- Andronov P. Yu., Myasnikov V.G. 1999. Distribution and biology of the king blue crab (*Paralithodes platypus*) in the Navarinsky district in the summer-autumn period // Izv. TINRO. V. 126. P. 96–105.
- Babayan V.K. 2000. Precautionary Approach to Assessment of Total Allowable Catch (TAC): Analysis and practical recommendations. M.: Izd-vo VNIRO. 192 p.
- Bakanev S.V. 2008. Application of a stochastic cohort model CSA for red king crab, *Paralithodes camtschaticus*, in the Barents Sea // Problems of fisheries V. 9. № 2 (34). P. 294–306.
- Bakanev S.V. 2016. Estimation methods for biological reference points of king crab stock in the Barents Sea // Trudy VNIRO. T. 161. C. 16–26.
- Bizikov V.A., Buyanovskiy A.I., Goncharov S.M., Polyakov A.V., Popov S.B., Sidorov L.K. 2013. Application of databases and geographic information systems for the fishery management // Aktual'nye voprosy ratsional'nogo ispol'zovaniya vodnyh biologicheskikh resursov. Mat.

- I nauch. shk. mol. uchenykh i spetsialistov po rybnomu hozyajstvu i ehkologii, posvyashchennoj 100-letiyu so dnya rozhdeniya prof. P.A. Moiseeva. (15–19 aprelya 2013 g.; Zvenigorod). M.: Izd-vo VNIRO. P. 108–133.
- Bizikov V.A., Goncharov S.M., Polyakov A.V. 2006. GIS «Chartmaster» – new geographic information system for processing the data of hydrological surveys // VII Vseross. Konfer. prom. bespozv. M.: Izd-vo VNIRO. P. 18–24.
- Buyanovsky A.I. 2012. Forecast of potential catch for coastal invertebrates: data-poor cases. Moscow: Izd-vo VNIRO. 222 s.
- Buyanovsky A.I. 2020 a. The snow crab fishery statistics in the Russian seas: attempt of the corrected assessment application // Problems of fisheries. V. 21. № 1. P. 106–124.
- Buyanovsky A.I. 2020 b. The blue king crab commercial stocks dynamics in the Russian seas with account on fisheries statistics // Problems of fisheries. V. 21. № 4. P. 423–439.
- Buyanovsky A.I., Alexeyev D.O. 2017. Fisheries statistics as indicator of stock assessment of marine invertebrates // Problems of fisheries. V. 18. № 3. P. 268–282.
- Ilyin O.I., Ivanov P. Yu. 2015. On one model approach to stock assessment for red king crab *Paralithodes camtschaticus* on the shelf of West Kamchatka // Izv. TINRO. V. 182. P. 38–47.
- Ilyin O.I., Ivanov P. Yu. 2018. To the stock abundance assessment of tanner crab in the kamchatka-kurile subzone // Issledovaniya vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoj chasti Tihogo okeana. Vyp. 50. S. 27–33.
- Klitin A.K. 1996. The red king crab of the shelf zone o. Sakhalin (literary review, history of fishing, spatial and functional structure of populations) // Vestnik sahalinskogo muzeya. № 1 (3). S. 324–342.
- Lysenko V.N., Gaidav V.E. 2005. Growth of the red king crab *Paralithodes camtschaticus* in the northern part of the West Kamchatka shelf // Izv. TINRO. T. 143. S. 119–127.
- Mikhajlov V.I., Bandurin K.V., Gornichnykh A.V., Karasev A.N. 2003. Commercial invertebrates of shelf and continental slope of the northern part of the Okhotsk Sea. Magadan: MagadanIRO. 284 s.
- Mikheev A.A. 2003. A stochastic cohort model for invertebrates with the interrupted growth // Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas: Transactions of the Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography. Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO. V. 5. P. 216–242.
- Mikheev A.A. 2004. Modelirovanie stohasticheskikh processov v ekspluatiruemykh populyaciyah ryb i bespozvonochnykh [Modeling of stochastic processes in exploited populations of fish and invertebrates] // Abstract of dissertation for the degree candidate of biological sciences (Ph.D.). Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO. 24 s.
- Mikheev A.A., Bukin S.D., Perveyeva E.R., Zhivoglyadova L.A., Krutchenko A.A., Smirnov I.P. 2012. Sakhalin-Kuril region invertebrate stock assessing based on the catch time series analysis with the Kalman filter application // Izv. TINRO. V. 168. P. 99–120.
- Moiseev S.I. 2003. Fishery research of Kamchatka red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) from January to March, 2002 in the Varanger-fjord // Trudy VNIRO. V. 142. P. 151–177.
- Moiseev S.I., Moiseeva S.A. 2019. Studies of the dominant commercial species of crabs of the Sea of Okhotsk in autumn 2018 and spring 2019 // Trudy VNIRO. V. 177. P. 204–214.
- Moiseev S.I., Sologub D.O., Shaginyan E.R. 2021 a. Relative abundance index as an operational assessment of the state of the king blue crab stock in the Shelikhov Bay of Okhotsk Sea // Trudy VNIRO. Vol. 185. P. 5–21.
- Myasnikov V.G., Andronov P. Yu. 1999. On the population organization of the king blue crab (*Paralithodes platypus*) in the Bering Sea // Izv. TINRO. V. 126. P. 82–88.
- Ogurtsov A. Yu. 2005. To the technique of the estimation of stock of *Erimacrus isenbeckii* based on crab trap survey data in the Tatar Strait // Trudy VNIRO. T. 144. S. 294–303.
- Slizkin A.G., Safronov S.G. 2000. Fishing crab in Kamchatka waters. Petropavlovsk-Kamchatskij: Severnaya Patsifika. 180 s.
- Fedotov P.A. 2017. The distribution, the state of the stock and some of biological characteristics of blue crab *Paralithodes platypus* in the northwest part of the Bering Sea in 2005–2016 // Proc. All-Russ. Sci. Conf. Int. Participation, Dedicated 85th Anniv. Kamchatka Res. Inst. Fish. Oceanogr. Aquatic Biological Resources of Russia: State, Monitoring, and Management. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO. P. 13–19.
- Fedotov P.A., Vinnikov A.V. 2015. To the assessment of fishing blue crab (*Paralithodes platypus*) Stock in Olyutor-Navarino region of the Bering Sea // Proc. 6th All-Russ. Sci. Pract. Conf. Natural Resources, Their Current State, Conservation, and Commercial and Technical Use. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatskii Gos. Tekh. Univ. P. 86–90.
- Fedotov P.A., Chernienko I.S. 2019. Size composition and growth rates of blue king crab *Paralithodes platypus* Brandt, 1850 in the Russian sector of the Bering Sea // Izv. TINRO. V. 196. P. 81–89.
- Chernienko I.S. 2016. Modelling of stock dynamics for spiny king crab *Paralithodes brevipes* at southern Kuril Islands using a finite-difference model with delay // Izv. TINRO. V. 185. P. 102–111.
- Chernienko I.S., Chernienko E.P. 2019. Multi-model approach to some marine biological resources stock forecast in Sakhalin-Kuril region // Problems of Fisheries. V. 20. № 3. P. 374–386.

Поступила в редакцию 05.04.2022 г.
Принята после рецензии 18.04.2022 г.



Промысловые виды и их биология

Определение площади промысловых скоплений крабов по данным промысловой статистики

А.И. Буяновский

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

Цель работы состояла в разработке алгоритма аналитической оценки площади, занимаемой промысловыми скоплениями крабов.

Материалом послужили судовые суточные донесения (ССД) с промысла шельфовых и глубоководных крабов в 2013–2021 гг.

В результате разработан оригинальный алгоритм, позволяющий вычислять обследованную площадь (промысловых скоплений крабов) как сумму учётных квадратов. Для каждой единицы запаса учётный квадрат характеризуется определённым размером стороны и минимальным числом ССД, позволяющих считать его обследованным. По данным о годовом приросте обследованной площади разработана методика оценки прироста реальной площади, где, во-первых, учитывается ежегодная неравномерность промыслового усилия и, во-вторых, учитываются выбросы, обусловленные малым объёмом выборки. Для разных единиц запаса минимальное число ССД, позволяющее считать площадь учётного квадрата обследованной, варьировало от 5 до 11 при модальном значении 7, сторона квадрата — преимущественно от 0,09 до 0,18° с. ш., относительный годовой прирост реальной площади — от 0,82 до 1,23 при модальном значении 1.

Заключение: Предложен ещё один индикатор, по которому можно судить о динамике промыслового запаса.

Ключевые слова: Краб, промысловая статистика, промысловое скопление, площадь, PBS-mapping, выбросы, учётный квадрат.

Determination of the commercial crab aggregations area on the data of fisheries statistics

Alexey I. Buyanovsky

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

The aim was to work out an algorithm for the analytical estimation of the commercial crabs aggregations area.

Materials were ship daily reports (SDR) from the fisheries of shelf and deep-sea crabs in 2013–2021.

As results, an original algorithm which allows calculating the surveyed area (of the crab commercial aggregations) as the sum of account squares is suggested. For each stock, the account square is characterized both by a certain side size and the minimum number of SDR, which allow us to consider it to be explored. Based on the data on the annual increase of the surveyed area, methodology for estimating the annual increase of the real area has been suggested. It takes into account both the annual variations of the fishing effort and outliers which may occur due to small number of samples. For different stocks, the minimum number of SDR, which allow to consider an account square to be explored, varied from 5 to 11 with a modal value of 7, the side size of the square varied presumably from 0.09 to 0.18° N, the relative annual increase of the real area varied from 0.82 to 1.23 with a modal value of 1.

Conclusion: New indicator for the commercial stock dynamics estimation is suggested.

Keywords: Crab, fisheries statistics, commercial crab aggregations, area, PBS-mapping, outliers, account square.

Крабы, так же, как и большинство других донных видов, распределены агрегированно [Бигон и др., 1989]. Есть участки с высокой плотностью промысловых самцов — промысловые скопления, и есть значительно более обширные участки с разреженной или фоновой плотностью [Левин, 1994].

Величина площади, занимаемой промысловыми скоплениями, наряду с плотностью, даже без знания её абсолютных значений, может быть использована для оценки годового прироста запаса [Буяновский,

2019 б]. Площадь скоплений можно оценивать или аналитически, например, как относительную величину [Смуров, Полищук, 1989] или — методом прямого учёта, используя различные ГИС. В первом варианте скоплением считается часть (населёемой популяцией или её частью) площади, где плотность выше средней. Наряду с относительной (а при знании площади всей населёемой акватории — и абсолютной) площадью, метод позволяет вычислить среднюю плотность в скоплении. Он очень удобен для описания распределе-

ния по данным разовой съёмки [Буяновский, 2004], но плохо применим для сравнения многолетних данных, поскольку средняя плотность ежегодно меняется.

Второй метод основан на применении сглаживающей функции, которая, по данным сетки учётных станций (выполненных в любом режиме лова — учётном, мониторинговом или промысловом), позволяет автоматически оконтурить участки с повышенной плотностью и вычислить их площадь. В морских филиалах ФГБНУ «ВНИРО» для этого обычно применяется сплайн-аппроксимация, встроенная в ГИС «Карт-мастер» [Бизилов и др., 2013]. Здесь также возникает ряд затруднений: насколько репрезентативна выборка (число станций), по которой оконтуривается скопление, какова должна быть граничная плотность скопления, каковы должны быть параметры у сглаживающей функции. При использовании промысловой статистики, когда лов ведётся, в основном, на промысловом скоплении, задача упрощается — достаточно нанести координаты точек лова на карту, оконтурить их и рассчитать (в программной оболочке ГИС «Карт-мастер») площадь контура.

Но и при этом варианте возникают трудности, связанные с объективностью выбора: какие станции следует считать расположенными внутри скопления, а какие — за его границами, какие станции отбросить как ошибочные [Буяновский, Алексеев, 2017], как добиться воспроизводимости при оконтуривании скоплений. Кроме того, поскольку в разные годы промысел проходит с разной интенсивностью, возникает вопрос, как следует оценивать площадь, чтобы интенсивность промысла не оказывала влияния на оцениваемую величину. Учитывая вышесказанное, цель работы можно сформулировать как разработку алгоритма, позволяющего объективно оценивать реальную площадь, занимаемую промысловыми скоплениями крабов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал. Исследовали все единицы запаса шельфовых и глубоководных крабидов и крабов, эксплуатируемые в режиме коммерческого (промышленного, прибрежного, в инвестиционных целях и т. д.) лова. Не изучали колючего краба *Paralithodes brevipes* (Milne Edwards & Lucas, 1841), четырёхугольного волосатого краба *Erimacrus isenbeckii* (Brandt, 1848) и краба-стригуна ангулятуса (*Chionoecetes angulatus* Rathbun, 1924) в Беринговом море. Кроме того, в связи с компактным расположением скоплений не оценивали площадь для единиц запаса: краба-стригуна Бэрда (*Ch. bairdi* Rathbun, 1924) в зоне Западно-Беринговоморская и подзоне Карагинская, краба-

стригуна опилио *Ch. opilio* (Fabricius, 1788) в Корьякском районе (западнее 176° в. д.) зоны Западно-Беринговоморская и подзоне Карагинская, синего краба *P. platypus* (Brandt, 1850) в северо-западной части Охотского моря, на банке Ионы и подзоне Восточно-Сахалинская [Буяновский, 2020 а, б], равношипного краба (*Lithodes aequispinus* Benedict, 1895) Курильских островов.

Материалом послужили суточные судовые донесения (ССД), подающиеся судами с промысла и хранящиеся в отраслевой системе мониторинга (ОСМ). Извлечение ССД из ОСМ выполняли с помощью специальной компьютерной программы [Vasilets, 2015]. Были отобраны ССД за 2013–2021 гг., относящиеся к одному из режимов коммерческого лова, выполнявшемуся крабовыми ловушками; соответственно ССД, где указывались иные орудия лова (тралы, снюрреводы), для дальнейшего анализа не использовали. Из извлечённых данных, для каждой рыболовной зоны или подзоны (далее — региона), формировали массив первичной информации (далее — полный массив), содержащий в каждой строке одного листа MS-Excel пронумерованные сведения о названии судна, дате подачи ССД, координатах, суточном вылове одного судна (т/судо-сут., далее — улов). После анализа распределения точек подачи ССД (далее — промысловых станций)¹ на картах в некоторых регионах было выделено несколько районов [Буяновский, 2020 а, б], информация о которых, наряду со сведениями о годе, была добавлена к каждой строке полного массива в текстовом формате.

Методики, разработка которых явилась целью работы, будут изложены ниже.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Формирование исходного массива. Перед началом расчётов данные, содержащиеся в полном массиве, подвергали предварительной фильтрации — суммировали уловы одного судна, подавшего несколько ССД в одну дату из одних и тех же координат. Так же, после нанесения промысловых станций на карту, те из них, что располагались далеко от районов промысла, были удалены.

Для дальнейших вычислений в программном пакете (для среды R) PBS-mapping [Shnute et al., 2015] координаты промысловых станций, извлечённые из ОСМ в виде градусов и минут, преобразовывали в десятичные значения градусов; если часть координат от-

¹ В реальности точка подачи ССД часто не совпадает с точкой какого-либо реального поднятия улова [Буяновский, Алексеев, 2017], но при ведении промысла она, как правило, достаточно корректно отражает положение судна в районе промысла.

носились к западному полушарию, то их представляли как разность между 360° и абсолютным значением координат западной долготы.

Формирование массива для расчёта параметров учётного квадрата. Один из методов решения проблем, указанных в начале работы, может заключаться в представлении площади как суммы обследованных одинаковых прямоугольников (далее — учётных квадратов). Для этого надо знать два параметра: оптимальный размер прямоугольника и минимально допустимое число ССД, подаваемых в пределах прямоугольника, которое позволяет считать его обследованным.

Приступая к исследованиям в данном направлении [Буяновский, 2019 б, 2020 а, б] считали, что учётный квадрат обследован, если в его пределах находятся не менее 10 промысловых станций. Впоследствии, с внедрением в расчёты программного пакета PBS-mapping [Schnute et al., 2015], появилась возможность разработать алгоритм, позволяющий для учётных квадратов в разных регионах выбирать разное число станций.

Чтобы считать учётный квадрат обследованным, вначале следует сформулировать критерий, позволяющий сделать такой вывод. Если в одном квадрате выполнена одна промысловая станция, то его нельзя считать обследованным, так как изменчивость улова оценить невозможно. Если выполнены 2 станции, а уловы не различаются, то их значение может отражать реальное состояние запаса в учётном квадрате, и если по мере увеличения числа станций уровень различий не изменится, то можно считать, что двух станций достаточно, чтобы данный квадрат считался обследованным. Если эта закономерность повторится для всех остальных квадратов, то можно утверждать, что 2-х промысловых станций достаточно, чтобы любой квадрат считался обследованным. Если же окажется, что, например, при выполнении 3-х промысловых станций ни в одном из учётных квадратов уровень изменчивости не увеличился, а в некоторых квадратах он уменьшился, то уже не 2, а 3 промысловые станции следует считать достаточными для утверждения, что квадрат обследован.

Поскольку параметром, позволяющим оценивать изменчивость уловов, является дисперсия, то критерием, позволяющим считать учётный квадрат обследованным, является число станций, при котором дисперсия, усреднённая по отдельным квадратам, будет минимальной.

В условиях реального промысла изменчивость уловов в значительной степени зависит от фактора судна [Bentley et al., 2012], и для минимизации его

влияния перед началом вычислений реальные уловы заменяли их стандартизированными аналогами, вычисленными (для одного района и года) с помощью обобщённых линейных моделей и «очищенными от выбросов» [Буяновский, 2019 а]. Для повышения репрезентативности выборки лучше брать данные за несколько лет, но поскольку в разные годы уловы могут заметно различаться, то для нейтрализации влияния фактора года дисперсии (стандартизированных) уловов заменяли безразмерным коэффициентом вариации, который также отражает их изменчивость внутри каждого учётного квадрата.²

Ещё одним фактором, который может повлиять на величину дисперсии или значение коэффициента вариации, является размер стороны учётного квадрата. Чтобы уменьшить влияние данного фактора, можно заранее задать несколько размеров, которые включают в себя весь потенциальный диапазон искомых значений. С этой целью для всех единиц запаса был выбран стандартный набор размеров стороны — 0,05, 0,1, 0,15, 0,2, 0,25, 0,3, 0,4, 0,5, 0,75 и 1 градус по широте, которым соответствовало вдвое большее значение по долготе. Такое соотношение широты и долготы было выбрано в связи с тем, что в районе исследований стороны образующегося прямоугольника приблизительно равны.

Далее из полного массива выбирали данные, относящиеся к одному году и содержащие 5 колонок: порядковый номер, долготу, широту, (стандартизированный) улов, число станций (всегда равное 1). Их сохраняли в виде отдельного файла, который импортировали в программный пакет (для среды R) PBS-mapping (табл. 1). После этого задавали минимальный размер стороны учётного квадрата по широте и долготе (0,05×0,10 по широте и долготе, соответственно). Далее запускали процедуру расчёта, и на выходе получали: число квадратов, содержащих не менее 1 промысловой станции (отфильтрованных ССД), число станций в каждом из таких квадратов, средний улов в каждом квадрате и его стандартное отклонение. На основе этих данных получали массив, где каждому квадрату, содержащему 2 и более станций, соответствовало их число и коэффициент вариации улова. Повторив указанную процедуру для всех лет и всех заданных размеров квадрата (см. выше) получали итоговый массив, состоящий из двух колонок — числа

² Безусловно, можно было бы обойтись без коэффициента вариации, стандартизируя уловы с поправкой на фактор года, но для этого требуется разработка нового алгоритма, в то время как алгоритм, описанный выше, реализуется в рамках решения задачи по расчёту скорректированной оценки промыслового запаса [Буяновский, 2019 б].

Таблица 1. Код для установления числа промысловых станций в учётном квадрате

Table 1. Codes for set the number of fisheries sites in the account square

№ строки	Код	Комментарии к строкам*
1	library(PBSmapping)	Спецификация директории, где находится вводимый файл
2	setwd(«D:/LESHA/R-GLM/BLU-WB»)	
3	data(worldLL); # load the nepacLL data set	
4	plotMap(worldLL, # plot the nepacLL data set	
5	xlim=c(170, 179.999), # limit the region horizontally	Крайние координаты по долготе
6	ylim=c(58, 64), # limit the region vertically	
7	plt=c(0.16, 0.97, 0.16, 0.97), # specify the plot region size	Крайние координаты по широте
8	col=rgb(255, 255, 195, # set the foreground colour	
9	maxColorValue=255),	Координаты для подписей в рамке
10	bg=rgb(224, 253, 254, # set the background colour	
11	maxColorValue=255),	
12	tck=c(-0.03), # set the tick mark length	
13	cex = 1.8, # adjust the font size	
14	mgp=c(1.9, 0.7, 0)); # adjust the axis label locations	
15	xl <- c(170, 179.999); yl <- c(58, 64)	
16	grid <- makeGrid(x=seq(xl[1], xl[2],0.42), y=seq(yl[1], yl[2],0.21),	
17	byrow = FALSE, projection=»LL«)	
18	frame <- makeGrid(x=seq(xl[1], xl[2], xl[2]-xl[1]),	
19	y=seq(yl[1], yl[2], yl[2]-yl[1]),	Изменяемые стороны квадрата по долготе и широте соответственно
20	byrow = FALSE, projection=»LL«)	
21	addPolys(grid, border=»gray«)	Выделен вводимый файл
22	DATARED <- read.csv(«2020-B-WB-B.csv», sep	
23	DATARED <-DATARED[DATARED\$SSD>0,]	Выделен (произвольный) заголовок 5-й колонки вводимого файла
24	locData<- findPolys(DATARED, grid)	
25	DATARED\$Z <- DATARED\$SSD	См. комментариев к строке 21
26	pdata<-combineEvents(DATARED, locData, FUN=sum, Bdry=F)	
27	range(pdata\$Z)	При необходимости вывода схемы станций знак «#» убирается
28	brks <- c(0,8,300); lbrks <- length(brks)	
29	cols <- c(«Aquamarine3»,»Aquamarine4«)	
30	pdata <- makeProps(pdata, brks, «col», cols)	
31	addPolys(grid, polyProps=pdata)	
32	# addPoints(DATARED)	
33	write.csv(pdata, file=»summary.txt«)	
34	DATARED1 <- read.csv(«2013-B-WB.csv», sep = «;»)	
35	DATARED1 <-DATARED1[DATARED1\$CRAB>0,]	
36	locData<- findPolys(DATARED1, grid)	
37	DATARED1\$Z <- DATARED1\$CRAB	См. комментариев к строке 34
38	pdata2<-combineEvents(DATARED1, locData, FUN=mean)	
39	range(pdata\$Z)	Выделен файл, со сведениями о среднем улове в учетном квадрате
40	write.csv(pdata2, file=»summary1.txt«)	

Окончание табл. 1

№ строки	Код	Комментарии к строкам*
40	pdata1<-combineEvents(DATARED1, locData, FUN=sd)	Выделен файл, со сведениями о стандартном отклонении среднего улова в учетном квадрате
41	range(pdata1\$Z)	
42	write.csv(pdata1, file="summary2	

Примечание: * — для более детального ознакомления с кодами см. Shnutte et al., 2015.

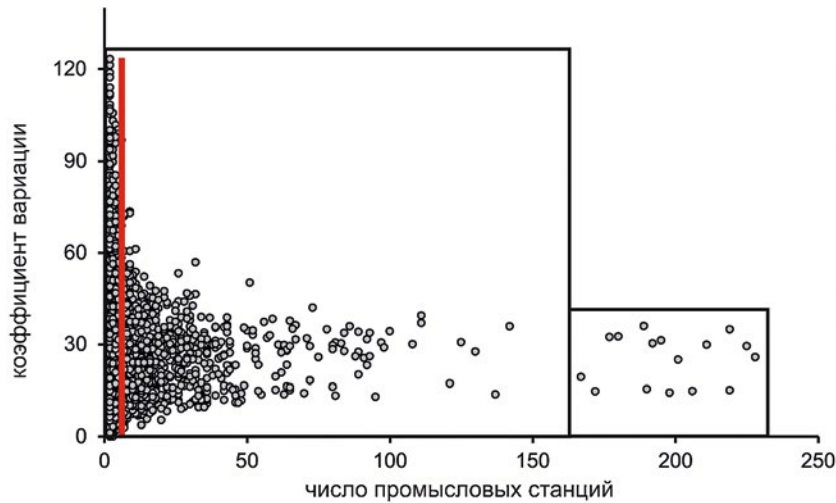


Рис. 1. Зависимость значений коэффициента вариации стандартизированного промыслового улова в учётном квадрате от числа промысловых станций в этом же квадрате для камчатского краба (*P. camtschaticus* (Tilesius, 1815)) Баренцева моря по данным 2013–2020 гг. Прямоугольники показывают совокупности значений коэффициента вариации, для которых сравнивают дисперсии; пороговое число станций (в данном примере) равно 167. Вертикальная линия показывает число станций, достаточное, чтобы считать учётный квадрат обследованным (см. ниже)

Fig. 1. Dependence of the values of the coefficient of variation of the standardized commercial catches for account square on the number of fisheries sites in the same square for the red king crab in the Barents Sea according to 2013–2020 data. The boxes show the groups of values of the coefficient of variation for which the variances are compared; the threshold number of the fisheries sites (for that example) is 167. The vertical line shows the number of sufficient fisheries sites to consider the account square to be explored (see below)

промысловых станций в квадрате и соответствующего ему коэффициента вариации.

Вычисление оптимального числа промысловых станций в учётном квадрате. При построении зависимости величины коэффициента вариации от числа промысловых станций в учётном квадрате (рис. 1) выяснилось, что при большом числе станций значения коэффициента вариации колеблются в узком диапазоне и практически не зависят от объёма выборки (значения независимой переменной — числа станций в учётном квадрате). При малом числе станций диапазон изменчивости коэффициента вариации более широкий и уменьшается по мере роста объёма выборки. Таким образом, возникает задача найти минимальный объём выборки, больше которого изменчивость значений коэффициента вариации будет постоянной.

Найденное значение и будет тем достаточным числом станций, при котором учётный квадрат можно будет считать обследованным (см. выше).

Для решения задачи было проведено сравнение всех пар дисперсий для совокупностей значений коэффициента вариации, проекции которых, располагались слева или справа от каждого значения независимой переменной (числа промысловых станций в учётном квадрате), причём, само это значение — пороговое, относили к совокупности, расположенной на оси абсцисс правее, в области больших значений (рис. 1).

Сравнение выполняли по величине F-теста (вероятности совпадения дисперсий),³ который учиты-

³ Идея использования данного показателя заимствована из геоботаники, где П. Грейг-Смит [Greig-Smith, 1983], находил границы скопления по скачку дисперсии, последовательно объединяя соседние учётные площадки [цит. по Смуров, Полищук, 1989].

вает как величину отношения дисперсий, так и объём выборки. Из всех пороговых значений независимой переменной выбирали то, которому соответствовало наименьшее значение F-теста (рис. 2), и именно его считали числом промысловых станций, достаточным

для того, чтобы считать квадрат обследованным (далее — оптимальным пороговым числом). Предлагаемый метод даёт возможность объективно получить единственное решение. Полученное значение (числа промысловых станций в учётном квадрате) достаточ-

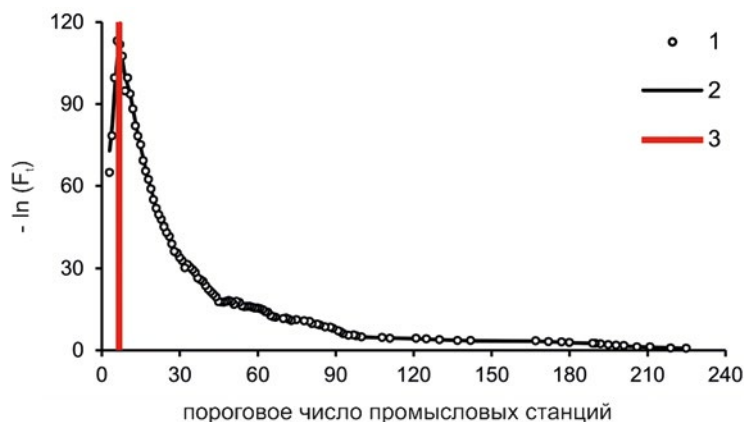


Рис. 2. Зависимость преобразованного F-теста (F_j) от порогового числа промысловых станций для камчатского краба Баренцева моря: 1 — значения F-теста; 2 — сглаживающий тренд (метод 16-членной скользящей средней); 3 — пороговое число промысловых станций, при котором F-тест минимальный — оптимальное пороговое число

Fig. 2. Dependence of the transformed F-test (F_j) on the threshold number of fisheries sites for the red king crab in the Barents Sea: 1 — F-test values, 2 — smoothing trend (16-term moving average method); 3 — threshold number of fishing stations, at which F-test is minimal — optimal threshold number

но успешно отсекает малые выборки, при которых изменчивость коэффициента вариации очень высока (рис. 1).

Расчёт размера стороны учётного квадрата. После установления числа промысловых станций, достаточного, чтобы учётный квадрат считался обследованным, можно вычислить и оптимальный размер его стороны. Если предположить, что точность расчёта площади увеличивается с увеличением суммарного числа обследованных учётных квадратов — обследованной площади промысловых скоплений (рис. 3), то можно построить зависимость между этим числом и размером стороны квадрата [Буяновский, 2020 а, б]. В этом случае размер, которому будет соответствовать наибольшая обследованная площадь, можно считать оптимальным (рис. 4).

Очевидно, что в зависимости от числа промысловых станций и особенностей их распределения, в разные годы результаты могут быть различны. Возникает вопрос, какой год, следует выбрать для расчётов. Предлагается выбрать год, когда число станций было минимальным (промысел был наименее интенсивным), так как в этом случае существует наибольшая гарантия, что каждый год обследованная площадь будет состоять не менее, чем из одного

учётного квадрата. Вместе с тем, было установлено, что при совсем малом числе станций, выявление оптимального размера учётного квадрата становится затруднительным из-за слабой чувствительности величины обследованной площади к размеру стороны (рис. 4). После тестирования данных за разные годы, было установлено, что для обеспечения необходимого уровня чувствительности достаточно превышения общего числа промысловых станций к их оптимальному пороговому числу (рис. 2) в 15 раз. Таким образом, если в выбранный год (с минимальным числом станций) указанное соотношение будет меньше 15, то следует взять один из последующих (по числу станций) годов, где данное соотношение будет выполняться (см. ниже табл. 3).

Обследованную площадь начинали вычислять при минимальном размере стороны учётного квадрата в $0,01^\circ$ с. ш. (и соответственно — $0,02^\circ$ в. д.). Далее процедуру подсчёта повторяли, постепенно увеличивая сторону квадрата на $0,01^\circ$ с. ш. (и соответственно — на $0,02^\circ$ в. д.). Подсчёт заканчивали, когда сторона квадрата достигала 1° с. ш. Из полученного набора значений выбирали тот размер стороны, при котором обследованная площадь (рис. 4) была максимальной. Все расчёты выполняли, используя пакет PBS-mapping (табл. 1). Так же как и при расчёте оптимального поро-

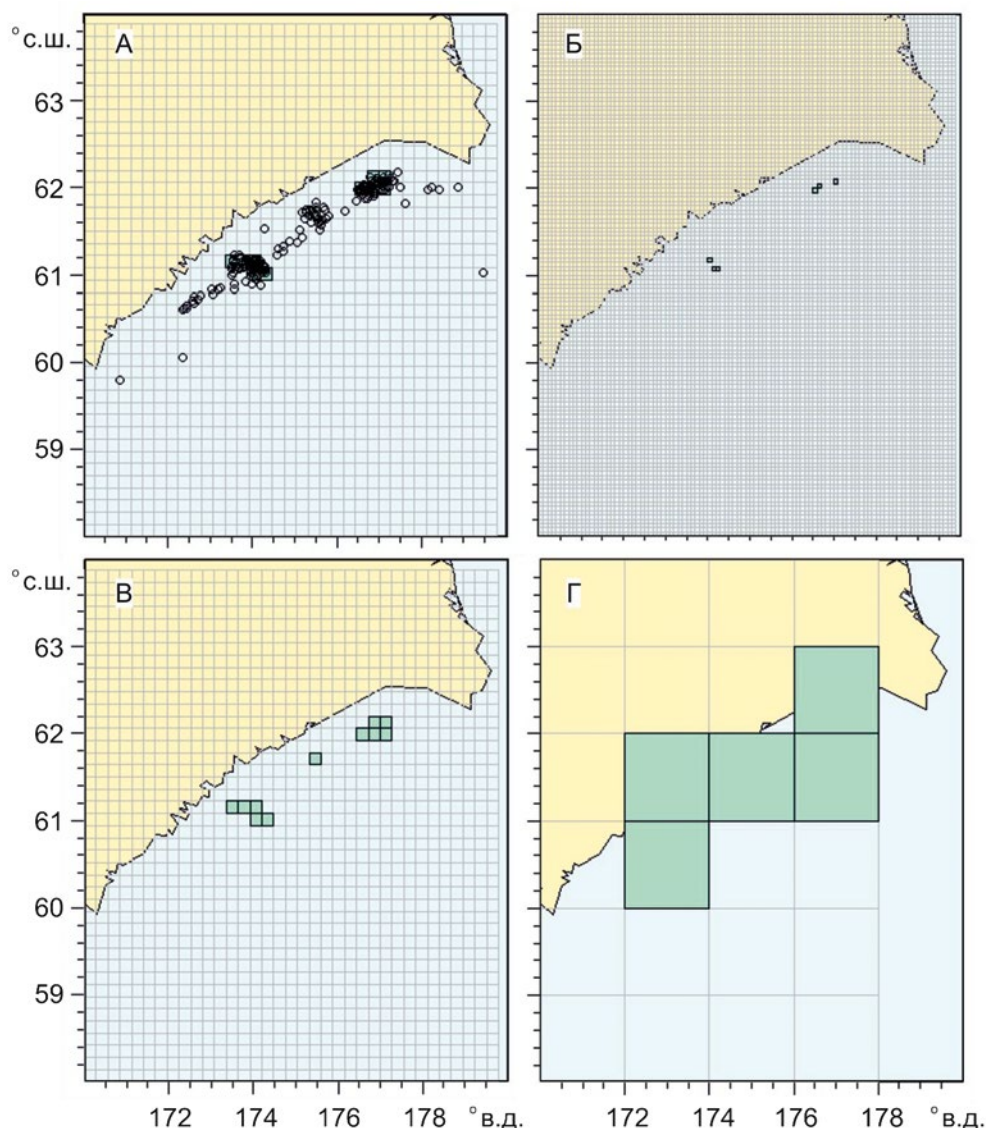


Рис. 3. Представление обследованной площади промысловых скоплений синего краба в зоне Западно-Беринговоморская в зависимости от размера учётного квадрата (оптимальное пороговое число станций равно 7): а – распределение промысловых станций в 2013 г., промысловые скопления характеризуются наиболее высокой плотностью станций; б – размер квадрата $0,06^\circ$ с.ш $\times 0,12^\circ$ в. д.: обследованная площадь явно занижена, показаны не все скопления; в – размер квадрата вычислен по алгоритму, распределение квадратов совпадает с расположением районов промысла; г – размер квадрата 1° с.ш $\times 2^\circ$ в. д., обследованная площадь явно завышена, распределение квадратов не отражает расположение промысловых скоплений

Fig. 3. Application of the surveyed area of commercial aggregations of blue crab in the West Bering Sea in dependence on the size of the account squares (optimal threshold sites numbet is equal to 7): а – distribution of fisheries sites in 2013, commercial aggregations are characterized by the highest density of sites; б – square size $0.06^\circ\text{N} \times 0.12^\circ\text{E}$: the surveyed area is clearly underestimated, some aggregations are not shown; в – the size of the square is calculated according to the algorithm, the distribution of the squares coincides with the location of the fisheries areas; г – square size $1^\circ\text{N} \times 2^\circ\text{E}$, the surveyed area is clearly overestimated, the distribution of squares does not reflect the location of the commercial aggregations/

гового числа станций (рис. 2), метод позволяет получить единственное объективное решение.

Расчёт относительного прироста реальной площади. Для оценки прироста запаса требуется знание не абсолютной площади, а её (относительного) годового прироста [Буяновский, 2019 б]. На первый взгляд,

для этого достаточно соотношения обследованных площадей в 2 сравниваемых годах, однако, в действительности, это не совсем так. Обследованная площадь (как сумма обследованных учётных квадратов) тем больше, чем больше промысловых станций (рис. 5), и, следовательно, надо различать площадь реальную и площадь обследованную. Возникает вопрос – как

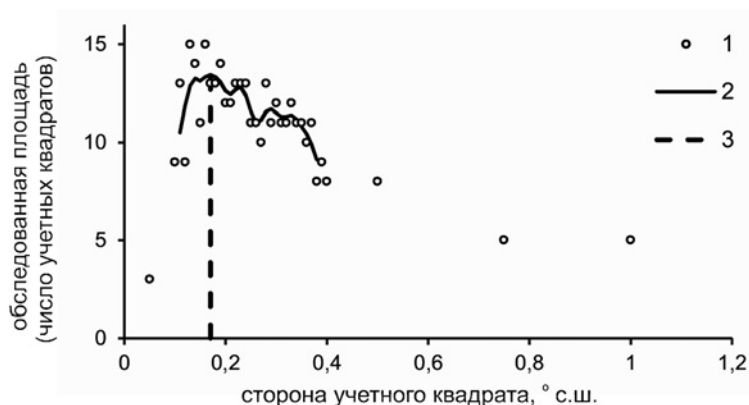


Рис. 4. Зависимость между обследованной площадью и размером стороны учетного квадрата для промысловых скоплений камчатского краба в Баренцевом море: 1 — эмпирические значения; 2 — сглаживающий тренд (метод 16-членной скользящей средней); 3 — оптимальный размер стороны учётного квадрата

Fig. 4. Relationship between surveyed area and the side size of the account square for commercial aggregations of the red king crab in the Barents Sea: 1 — empiric values, 2 — smoothing trend (method of 16-term moving average); 3 — the optimal size of the side of the account square

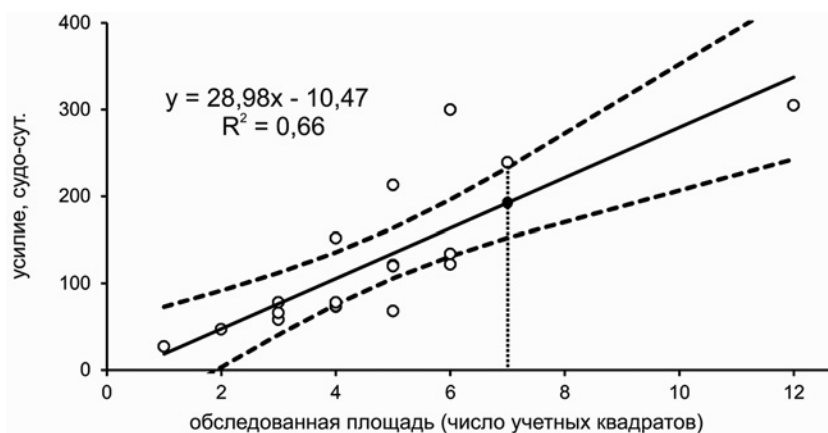


Рис. 5. Зависимость между числом промысловых станций (усилием) и обследованной площадью для запаса камчатского краба в разных районах в разные годы в подзоне Северо-Охотоморская. Доверительные границы линии регрессии соответствуют 95 %-му интервалу. Вертикальной линией показано эмпирическое значение усилия (белый кружок) и его расчётный аналог (чёрный кружок)

Fig. 5. Relationship between the number of fisheries sites (effort) and the surveyed area (number of examined account squares) for the red king crab stock in the north part of the Sea of Okhotsk in different regions and years. The confidence limits of the regression line correspond to the 95 % interval. The vertical line shows the empiric value of the effort (white circle) and its calculated counterpart (black circle)

через изменение обследованной площади оценить прирост площади реальной?

Для ответа была принята рабочая гипотеза, согласно которой реальная площадь промыслового скопления, из года в год не меняется (и для сравнительно малоподвижных привязанных к определённым биоценозам донных беспозвоночных это допустимо), а изменения обследованной площади связаны исключительно с межгодовыми различиями в числе выполненных станций — величине промыслового усилия (рис. 5). Чтобы опровергнуть эту гипотезу надо дока-

зать, что прирост площади отличался от ожидаемого, обусловленного исключительно приращением промыслового усилия. Доказав это, можно утверждать, что прирост обследованной площади обусловлен не только приращением промыслового усилия, но и приростом реальной площади, обусловленным влиянием других факторов.

Ожидаемый прирост можно вычислить, если считать, что зависимость между числом учётных квадратов и усилием описывается линейной регрессией (рис. 5). В этом случае, опираясь на уравнение регрес-

сии, для каждого числа учётных квадратов (включая 0) можно рассчитать соответствующее ему усилие. Относительный годовой прирост расчётного усилия будет отражать прирост обследованной площади.

Если сравнить расчётный и реальный приросты усилия при одном и том же приросте числа учётных квадратов, то можно сделать вывод, различаются они или нет. Первой ступенью такого сравнения может стать непараметрический критерий χ^2 Пирсона, с помощью которого сравнивают эмпирическое и ожидаемое распределение усилий – реальные усилия в сравниваемые годы и их аналоги, рассчитанные для такого же числа учётных квадратов с помощью уравнения регрессии (рис. 5). Если значение критерия больше порогового, то весь прирост обследованной площади (как положительный, так и отрицательный) можно считать обусловленным изменением усилия. Если же значение меньше порогового, то следует выполнить ещё один тест, который связан с доверительными границами линии регрессии – если оба эмпирических значения усилия (соответствующие сравниваемым годам) располагаются в пределах доверительных границ (рис. 5), то отклонения от расчётных значений являются случайными и весь прирост обследованной площади также обусловлен приростом усилия. Если же хотя бы одно из сравниваемых значений попадает за пределы доверительных границ (уровень значимости 0,05), то прирост обследованной площади может быть обусловлен не только изменением усилия, но и приростом реальной площади. В этом случае предлагается вводить определённые поправки.

Чтобы понять смысл предлагаемых поправок, следует рассмотреть несколько ситуаций (табл. 2). Если

(относительный) годовой прирост реального усилия равен 1, то, согласно рабочей гипотезе, обследованная площадь также не должна измениться. Если же она изменилась, то весь её прирост должен быть обусловлен изменением реальной площади, и в этом случае прирост реальной площади можно считать равным приросту обследованной площади. То же можно утверждать, если прирост реального усилия положительный, а прирост ожидаемого расчётного усилия, связанного функциональной зависимостью с обследованной площадью, отрицательный и – наоборот. С точки зрения промысловой биологии это означает, в первом случае, что вследствие роста промысловой нагрузки площадь скопления начала уменьшаться. Во втором случае это означает, что снижение промысловой нагрузки совпало с расширением границ скопления (или обусловило это расширение).

Если положительный прирост реального усилия больше расчётного или отрицательный прирост меньше его, то выяснить, как изменилась реальная площадь, не представляется возможным. В этом случае следует вернуться к рабочей гипотезе и считать, что изменений не произошло. С точки зрения промысловой биологии это означает, в первом случае, увеличение промысловой нагрузки на обследованную площадь при её одновременном расширении вплоть до реальных значений. Во втором случае это может означать потерю интереса к промыслу и снижение промысловой нагрузки на обследованную площадь до минимальных значений, позволяющих эту площадь оценивать. Аналогично рассуждая, можно утверждать, что при неизменности величины обследованной площади реальная площадь не меняется, несмотря на любые изменения реального усилия.

Таблица 2. Решения о годовом приросте реальной площади промыслового скопления в зависимости от годового прироста обследованной площади

Table 2. Decisions on the annual increase in the real area of the commercial aggregation in dependence on the annual increase in the surveyed area

Годовой прирост обследованной площади как отношения расчётных усилий (Δe)	Относительный годовой прирост реальных усилий (Δr) по сравнению с приростом расчётных усилий		Относительный годовой прирост реальной площади (Δs)
< 1	=	-	1
	>	$\geq$	Δa
	>	<	$1 - (\Delta r - \Delta e)$
=1	<	<	1
	любой	любой	1
	=	-	1
> 1	>	>	1
	<	>	$1 - (\Delta r - \Delta e)$
	<	$\leq$	Δa

Наиболее сложным является вариант, когда реальное усилие растёт слабее расчётного или снижается по отношению к нему менее интенсивно. Здесь изменение обследованной площади может быть связано как с изменением реальной площади, так и с изменением усилия. Влияние первого фактора можно оценить по формуле:

$$\frac{S_t}{S_{t-1}} = 1 - \left(\frac{E_t^r}{E_{t-1}^r} - \frac{E_t^e}{E_{t-1}^e} \right), \quad (1)$$

где $E_1^e, E_2^e, E_1^r, E_2^r$ — расчётные (e) и реальные (r) значения усилия в годы t и $t-1$; S_t и S_{t-1} — площади скоплений.

Формула (1) показывает, что чем ближе значения прироста расчётного и реального усилия, тем меньше вклад изменения реальной площади, и наоборот, чем сильнее они различаются, тем этот вклад больше. Например, если отношение реальных усилий близко к единице, а расчётных к 10, то, согласно формуле (1), реальная площадь увеличивается почти в 10 раз. Если же соотношение реальных и расчётных усилий близко к 1, то согласно формуле (1) прирост реальной также будет близок к 1.

Удаление выбросов. В действительности изменение обследованной площади может быть обусловлено не только приростом усилия и реальной площади, но и действием разных неучтённых факторов. И поскольку чаще всего чрезмерно большие (как положительные, так и отрицательные) приросты были приурочены к ситуации, когда в один из сравниваемых годов обследованная площадь была совсем маленькой, то возникло подозрение, что здесь могут быть выбросы, связанные с малым объёмом выборки.

Чтобы это проверить, по каждому виду в каждом районе⁴ была построена зависимость годового прироста реальной площади от наименьшей (в один из двух сравниваемых годов) обследованной площади. Затем, для увеличения объёма выборки, данные по разным видам (крабоидов и крабов) были объединены. Перед объединением отсутствие влияния «фактора вида» было проверено с помощью однофакторного дисперсионного анализа.

Чтобы удалить экстремальные выбросы (рис. 6 а) был применён критерий, рассчитываемый как разница между двумя последними (максимальными) членами ряда, отнесённая к разнице между его последним и вторым членами [Лакин, 1991].⁵ Опираясь на

данный критерий, было удалено несколько членов ряда, что позволило заметно уменьшить его разброс (рис. 6 б). Как и ожидалось, все удалённые значения относились к обследованной площади, состоящей из малого числа учётных квадратов (4 удалённых значения относились к площади, состоящей из 0 квадратов, 2 — из 1; 1 — из 2).

Поскольку, даже после удаления экстремальных выбросов, распределение положительных (≥ 1) и отрицательных (< 1) приростов не было симметричным, то для получения распределения, близкого к нормальному (см. ниже), было выполнено асимметричное преобразование:

$$[(s_t)/(s_{t-1})] - 1 \quad (2a)$$

для значений прироста не меньше 1 и

$$[-(s_{t-1})/(s_t)] + 1 \quad (2б)$$

для значений прироста меньше 1,

где s_t и s_{t-1} — обследованная площадь в годы t и $t-1$.

После преобразования распределение значений прироста вокруг 0 стало более или менее симметричным (рис. 6 б). Далее, по такому же алгоритму, что и при оценке оптимального порогового числа промысловых станций (рис. 2) было вычислено оптимальное пороговое значение независимой переменной — наименьшей (в один из двух сравниваемых годов) обследованной площади — равное 15 учётным квадратам (рис. 6 в). После его установления предположили, что большой разброс приростов реальной площади, наблюдаемый при меньших значениях независимой переменной, обусловлен малым объёмом выборки (рис. 6 б). Эти значения были отброшены, а оставшиеся были вновь проверены на наличие выбросов. Учитывая близость распределения к нормальному (рис. 6 б), был применён более мощный (чем описанный выше) критерий, рассчитываемый как разница максимального и среднего значений, отнесённая к стандартному отклонению [Лакин, 1991]. Выявленные выбросы удаляли из выборки. В итоге были определены границы, которые после обратного преобразования, составили 0,82 и 1,23. Если вычисленное значение годового прироста реальной площади выходило за пределы вышеуказанных границ, то его приравнивали к одному из граничных значений: если прирост был положительным — к верхнему, если отрицательным — к нижнему.

Оценки площади для разных единиц запаса. Для разных единиц запаса форма кривой зависимости F-теста от числа ССД была сходной (рис. 7), а число промысловых станций, достаточных для того, чтобы считать учётный квадрат обследованным, варьировало от 5 до 11 при модальном значении 7 (табл. 3).

⁴ При районировании или использовали границы, установленные ранее [Буяновский, 2020 а, б], а для видов, по которым соответствующих публикаций пока нет, применяли стандартные методы [Буяновский, Алексеев, 2017; Буяновский, 2020 б].

⁵ Аналогичный критерий есть и для минимальных значений, но здесь он не понадобился.

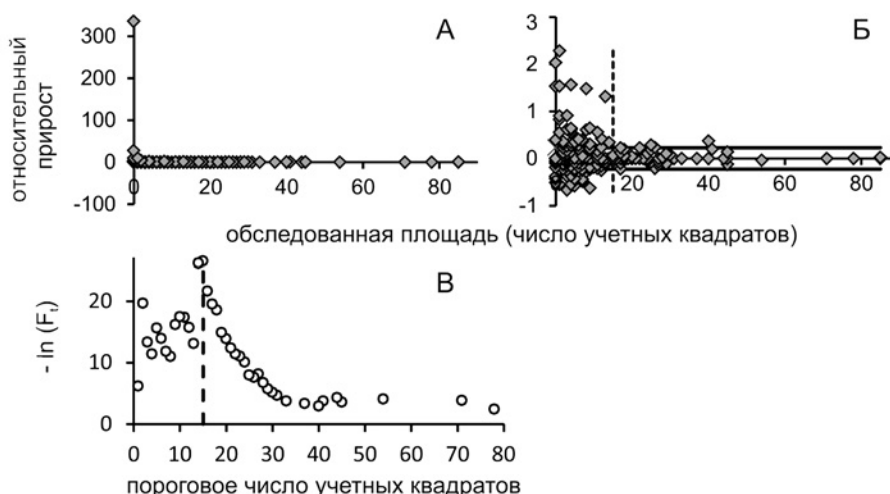


Рис. 6. Зависимость годовых приростов реальной площади от наименьшего (за 2 сравниваемых года) значения обследованной площади для выборки, объединённой по всем видам крабоидов и крабов: А – приросты, преобразованные по формулам (2); Б – они же после удаления экстремальных выбросов, пунктиром обозначено оптимальная пороговая величина обследованной площади, горизонтальными линиями – границы выбросов; В – зависимость преобразованного F-теста (F_t) от пороговой величины обследованной площади, пунктир показывает величину, при котором F-тест минимальный (оптимальную пороговую)

Fig. 6. Dependence of the annual increments of the real area on the minimums (for 2 compared years) of surveyed area for the sample combined for all species of crabs. А – increments transformed by formulas (2); Б – the same after removing extreme outliers, the dotted line indicates the optimal threshold value of surveyed area, horizontal lines are the boundaries of outliers; В – dependence of the transformed F-test (F_t) on the threshold values of surveyed area, the dotted line shows the value at which the F-test is minimal (optimal threshold)

Таблица 3. Основные параметры при оценке площади промысловых скоплений крабов

Table 3. The main parameters for assessment the area of commercial crabs aggregations

Вид краба	Регион (рыболовная зона или подзона)	ССД в квадрате		Сторона квадрата	
		Число	Выборка ¹	° с. ш.	Выборка ²
Синий	Западно-Беринговоморская	7	2638	0,14	215
	Западно-Камчатская	6	2583	0,07	384
	Северо-Охотоморская ³	5	1090	0,18	82 ⁴
	Приморье	7	4047	0,15	483
Камчатский	Баренцево море	7	3270	0,17	279
	Северо-Охотоморская	8	1902	0,31	131
	Западно-Камчатская и Камчатско-Курильская	5	4952	0,13	538
	Приморье	11	2016	0,29	171
Равношипый	Северо-Охотоморская, Центральная часть Охотского моря, Западно-Камчатская,	8	4937	0,18	750
	Баренцево море	6	4253	0,34	187
Стригун	Западно-Беринговоморская	6	1944	0,10	193
опилио	Северо-Охотоморская	9	5182	0,12	1686
	Восточно-Сахалинская	6	1400	0,09	342
	Приморье и Западно-Сахалинская	7	4058	0,12	418
Стригун Бэрда	Петропавловск-Командорская	5	398	0,11	153
	Камчатско-Курильская	7	1156	0,09	201
Стригун ангулятус	Охотское море	8	3810	0,14	756
Стригун красный	Японское море	7	5311	0,10	1090

Примечание: ¹ – число квадратов с разной длиной стороны, из которых было подано 2 и более ССД; ² – число ССД для года, когда оно было наименьшим; ³ – северо-восточный район, для остальных районов подзоны, где выборки были маленькие, взято аналогичное значение [Буяновский, 2020 б]; ⁴ – минимальное число в 2013 г. было слишком мало, взято значение, следующее за минимальным (2014 г.)

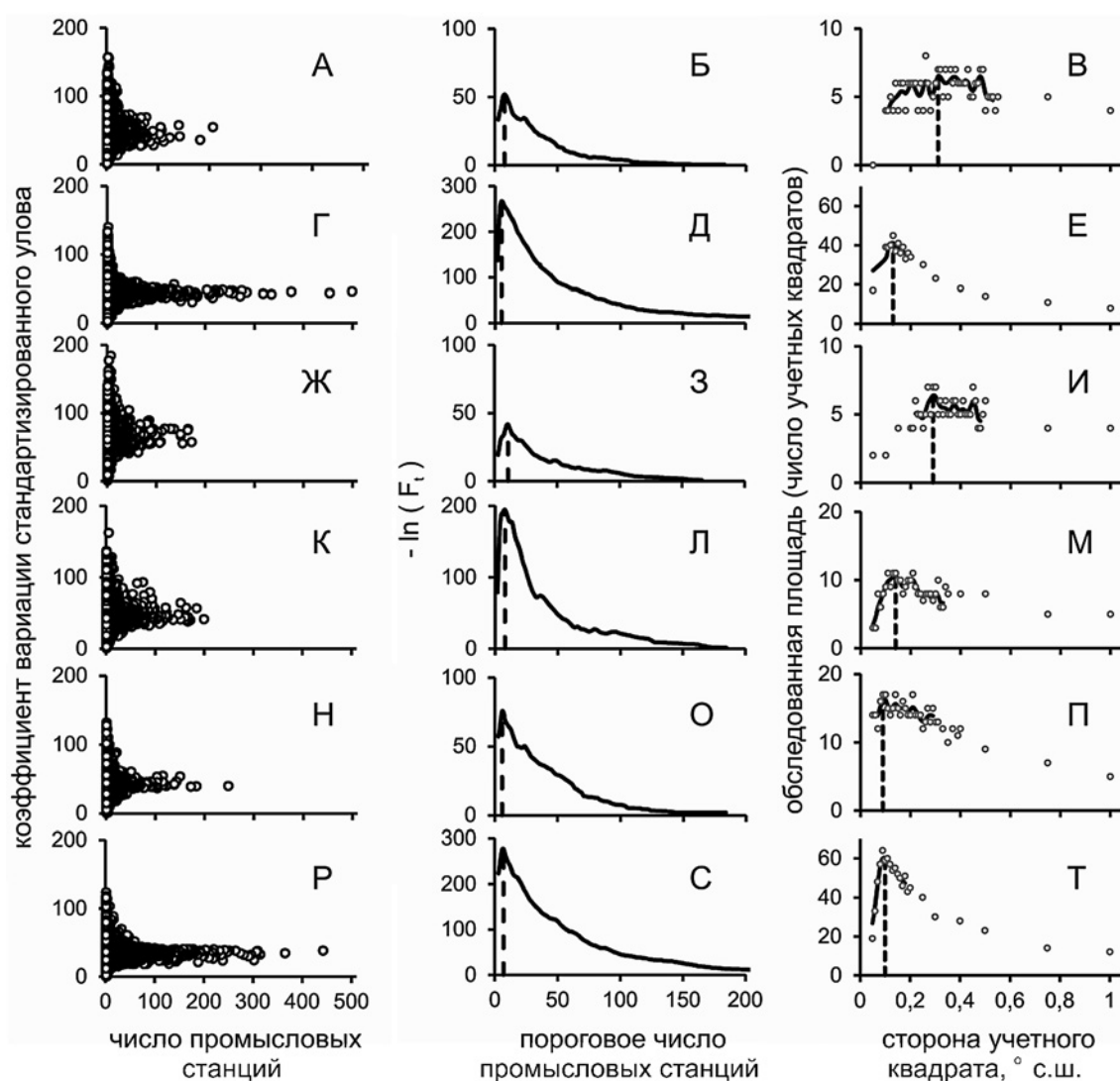


Рис. 7. Зависимость у разных единиц запаса: (левый столбец) коэффициента вариации от числа промысловых станций, (центральный столбец) преобразованного F-теста (сглажен с помощью 16-членной скользящей средней) от порогового числа станций, (правый столбец) обследованной площади от размера стороны учётного квадрата. В правом столбце все расчёты выполнены для оптимального порогового числа промысловых станций, указанного в центральном столбце вертикальной линией; кривая линия показывает результаты сглаживания 16-членной скользящей средней; вертикальная линия соответствует максимуму: А-В – подзона Северо-Охотоморская, камчатский краб; Г-Е – Западная Камчатка, он же; Ж-И – Приморье, он же; К-М – зона Западно-Беринговоморская, синий краб; Н-П – Восточный Сахалин, краб-стригун опилию; Р-Т – Японское море (Россия) краб-стригун красный

Fig. 7. Dependence of: (left column) coefficient of variation on the number of fisheries sites, (central column) transformed F-test (smoothed with a 16-term moving average) on the threshold number of sites, (right column) surveyed area on the size of account square side (decimal degrees N) for different stocks. In the right column, all calculations were performed for the optimal threshold number of fisheries sites which is indicated in the central column by a vertical line; the curved line shows the results of smoothing the 16-term moving average; the vertical line corresponds to the maximum: A-B – North part of the Sea of Okhotsk, red king crab; Г-Е – the coast off the Western Kamchatka, the same Ж-И – the Sea of Japan, the same; К-М – the West part of the Bering Sea, blue king crab; Н-П – the coast off the East Sakhalin, snow crab; Р-Т – the Sea of Japan (Russia), red snow crab

Для перехода от оценки относительного прироста площади к её абсолютным значениям можно допустить, что в определённом районе, в год, когда обследованная площадь была максимальной, она соответствовала реальной площади. Далее, опираясь на это,

опорное, значение и величину относительного прироста, можно рекуррентно рассчитать реальную площадь в другие годы. Если при этом выяснялось, что в какой-то год обследованная площадь была выше реальной, то опорное значение заменяли следующим

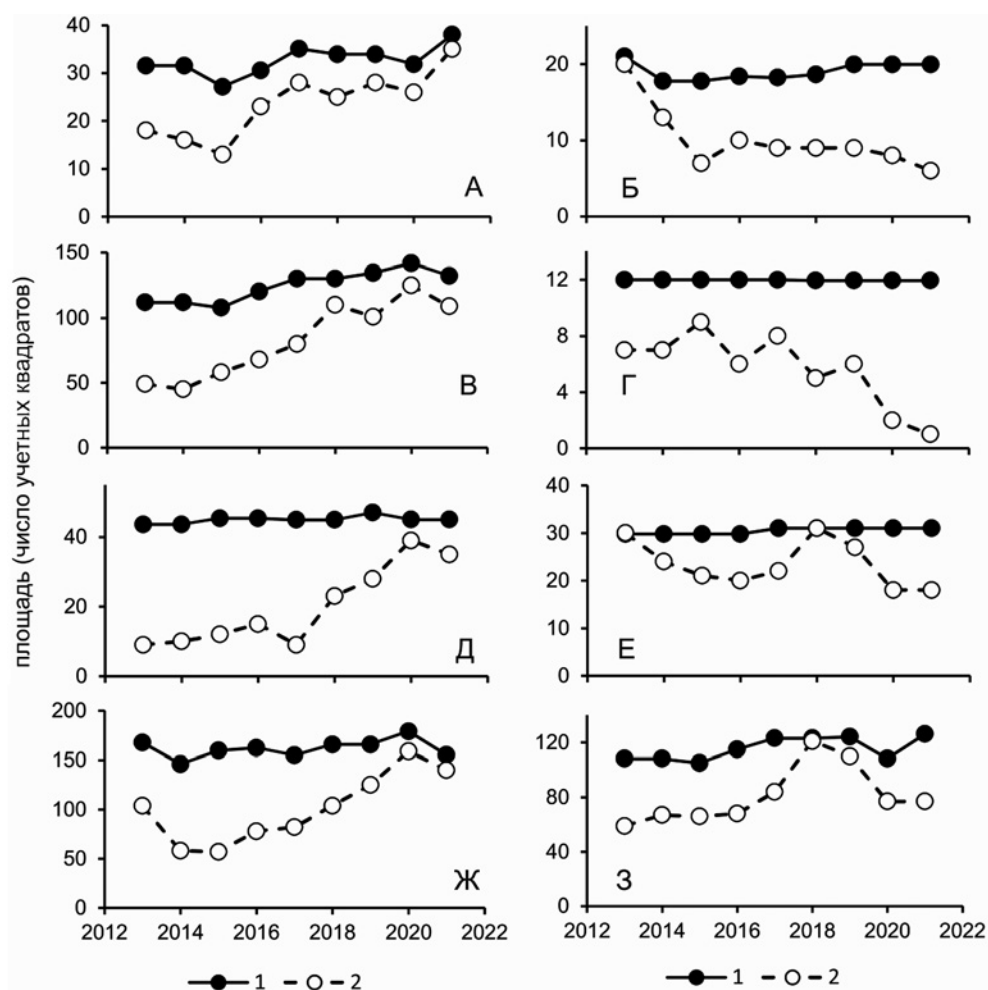


Рис. 8. Динамика (1) реальной и (2) обследованной площади промысловых скоплений для некоторых единиц запаса: А-Г – камчатский краб (А) Баренцева моря, (Б) Северо-Охотоморской подзоны, (В) Западной Камчатки, (Г) Приморья; Д-З – синий краб (Д) зоны Западно-Беринговоморская, (Е) подзоны Западно-Камчатская, (Ж) подзоны Северо-Охотоморская, (З) Приморья

Fig. 8. Dynamics (1) of real and (2) surveyed areas of the commercial crabs aggregations for some stocks: a-g – the red king crab (А) the Barents Sea, (Б) the North part of the Sea of Okhotsk, (В) the coast off the Western Kamchatka, (Г) the coast off the Western part of the Sea of Japan; д-з – the blue king crab (Д) the West part of the Bering Sea, (Е) the coast off the Western Kamchatka, (Ж) the North part of the Sea of Okhotsk, (З) the coast off the Western part of the Sea of Japan

(по величине обследованной площади) и повторяли процедуру. Если в регионе выделяли несколько районов, то данные по отдельным районам суммировали для каждого года. Очевидно, что при таком подходе, по мере накопления новых данных могут быть корректировки, но по достижении определённой длины временного ряда максимум будет оставаться неизменным.

Полученные результаты (рис. 8) показали, что реальная площадь, даже при наличии широкого коридора, ограничивающего выбросы, менялась незначительно, несмотря на заметные колебания обследованной площади. Это подтверждают и данные больших выборок, при которых прирост стремится к 0 (рис. 5 б). Отсюда можно сделать вывод, что серьёзные измене-

ния запаса в процессе его динамики связаны, в большей степени, с динамикой плотности и в значительно меньшей степени – с динамикой площади.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основным итогом данной работы следует считать разработку алгоритма, позволяющего использовать динамику площади промысловых скоплений в разных популяциях крабоидов и крабов как при расчёте годового прироста доступного запаса, так и при оценке его абсолютной величины [Буяновский, 2019 б]. Динамику площади можно рассматривать как ещё один индикатор, по которому можно судить об изменении (качественного) состояния запасов крабоидов и крабов. По сравнению с предыдущими работами [Буяновский,

2020 а, б] предлагаемый алгоритм позволяет не только объективно оценить относительный прирост (или относительную убыль) площади, но и получить представление об абсолютных размерах промысловых скоплений. Важно и то, что все оценки получаются по данным промысловой статистики, которые обновляются ежегодно, независимо от выполнения учётных съёмок и/или научного мониторинга.

Благодарности

Глубоко признателен начальнику Центра водных биоресурсов Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» к.б.н. А.В. Стесько, обучившему меня основам пользования программным пакетом «PBSmapping». Также выражаю свою благодарность анонимным рецензентам, замечания которых помогли заметно улучшить качество текста.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ «ВНИРО» по теме «Исследования водных биоресурсов морей России и внутренних водоёмов и разработка мер, направленных на восстановление численности видов, испытывающих значительную антропогенную нагрузку».

ЛИТЕРАТУРА

- Бигон М., Харпер Д., Таунсенд К. 1989. Экология. Особи, популяции и сообщества: в 2-х т. Т. 1. М.: Мир. 667 с. (Begon M., Harper J.L., Townsend C.R. 1986. Ecology: individuals, populations and communities. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 876 p.).
- Бизиков В.А., Буяновский А.И., Гончаров С.М., Поляков А.В., Попов С.Б., Сидоров Л.К. 2013. Базы данных и геоинформационные системы в управлении водными биологическими ресурсами // Мат. I науч. школы молодых учёных и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, посвящённой 100-летию со дня рождения проф. П.А. Моисеева. Звенигород. 15–19 апреля 2013 г. М.: Изд-во ВНИРО. С. 108–133.
- Буяновский А.И. 2019 а. К использованию моделей истощения для оценки промысловых запасов крабов // Вопросы рыболовства. Т. 20. № 1. С. 107–122.
- Буяновский А.И. 2019 б. Использование промысловой статистики для оценки динамики запаса краба-стригуна Бэрда // Вопросы рыболовства. Т. 20. № 4. С. 497–512.
- Буяновский А.И. 2020 а. Использование промысловой статистики для корректировки оценок запасов краба-стригуна опилию в морях России // Вопросы рыболовства. Т. 21. № 1. С. 106–124.
- Буяновский А.И. 2020 б. Динамика промысловых запасов синего краба в морях России с учётом промысловой статистики // Вопросы рыболовства. Т. 21. № 4. С. 423–439.
- Буяновский А.И., Алексеев Д.О. 2017. Промысловая статистика как индикатор состояния запаса промысловых беспозвоночных // Вопросы рыболовства. Т. 18. № 3. С. 368–382.
- Лакин Г.Ф. 1990. Биометрия. М.: Высшая школа. 352 с.
- Левин В.С. 1994. Промысловая биология морских донных беспозвоночных и водорослей. СПб: ПКФ «ОЮ-92». 240 с.
- Смуров А.В., Полищук Л.В. 1989. Количественные методы оценки основных популяционных показателей: статистический и динамический аспекты. М: МГУ. 208 с.
- Bentley N., Kendrick T.H., Starr P.J., Breen P. 2012. Influence plots and metrics: tools for better understanding fisheries catchper-unit-effort standardizations // ICES J. Marine Sciences. V. 69. P. 84–88.
- Greig-Smith P. 1983. Quantitative plant ecology, 3rd Edition. Blackwell Science Publications. Oxford. 359 p.
- Schnute J.T., Boers N.M., Haigh R., Couture-Beil A. 2017. PBSmapping 2.70.3: user's Guide revised from Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences № 254. P. 1–43.
- Vasilets P.M. 2015. FMS analyst — computer program for processing data from Russian Fishery Monitoring System. DOI: 10.13140/RG.2.1.5186.0962.

REFERENCES

- Begon M., Harper J.L., Townsend C.R. 1986. Ecology: individuals, populations and communities. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 876 p.
- Bizikov V.A., Buyanovsky A.I., Goncharov S.M., Polyakov A.V., Popov S.B., Sidorov L.K. 2013. Databases and geoinformation systems in the management of aquatic biological resources // Mat. I scientific school of young scientists and specialists in fisheries and ecology, dedicated to the 100th anniversary of the birth of prof. P.A. Moiseev. Zvenigorod. April 15–19, 2013 M.: VNIRO Publishing House. P. 108–133 (in Russ.).
- Buyanovsky A.I. 2019 a. On the use of depletion models for estimating commercial stocks of crabs // Problems of Fisheries. V. 20. No. 1. P. 107–122 (in Russ.).
- Buyanovsky A.I. 2019 b. The use of fisheries statistics to assess the dynamics of the Tanner crab stock // Problems of Fisheries. V. 20. No. 4. pp. 497–512. (in Russ.)
- Buyanovsky A.I. 2020 a. The use of fisheries statistics to correct estimates of the stocks of the snow crab in the seas of Russia // Fishing Issues. T. 21. No. 1. P. 106–124. (in Russ.)
- Buyanovsky A.I. 2020 b. Dynamics of commercial stocks of blue crab in the seas of Russia, taking into account fisheries statistics // Problems of Fisheries. V. 21. No. 4. P. 423–439. (in Russ.)
- Buyanovsky A.I., Alekseev D.O. 2017. Fishing statistics as an indicator of the state of the stock of commercial invertebrates // Problems of Fisheries. V. 18. No. 3. P. 368–382. (in Russ.)
- Lakin G.F. 1990. Biometrics. M.: Higher school. 352 p. (in Russ.).
- Levin V.S. 1994. Fisheries biology of marine benthic invertebrates and algae. St. Petersburg: PKF «OYu-92». 240 p. (in Russ.).

- Smurov A.V., Polishchuk L.V.* 1989. Quantitative methods for estimating basic population indicators: statistical and dynamic aspects. M: Moscow State University. 208 pp. (in Russ.).
- Bentley N., Kendrick T.H., Starr P.J., Breen P.* 2012. Influence plots and metrics: tools for better understanding fisheries catchper-unit-effort standardizations // ICES J. Marine Sciences. V. 69. P. 84–88.
- Greig-Smith P.* 1983. Quantitative plant ecology, 3rd Edition. Blackwell Science Publications. Oxford. 359 p.
- Schnute J.T., Boers N.M., Haigh R., Couture-Beil A.* 2017. PBSmapping 2.70.3: user's Guide revised from Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences № 254. P. 1–43.
- Vasilets P.M.* 2015. FMS analyst – computer program for processing data from Russian Fishery Monitoring System. DOI: 10.13140/RG.2.1.5186.0962.
- Поступила в редакцию 22.03.2022 г.*
Принята после рецензии 15.04.2022 г.



Промысловые виды и их биология

Аннотированный список рыбообразных и рыб пресных вод материкового побережья Охотского моря

С.Л. Марченко¹, О.А. Мазникова¹, С.Е. Кульбачный¹, Е.А. Кириллова^{1,2}

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

² Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (ФГБНУ «ИПЭЭ РАН»), Ленинский пр-т, 33, Москва, 119071

E-mail: slm@vniro.ru

Цель: обобщение литературных и собственных данных о видовом составе рыбообразных и рыб пресных вод материкового побережья Охотского моря.

Используемые методы: при подготовке статьи использованы общепринятые в лососевых исследованиях методы; обобщение и анализ данных проведены с использованием программ MS Excel и ArcGIS.

Новизна: в статье представлен наиболее полный аннотированный список рыбообразных и рыб пресных вод материкового побережья Охотского моря. Дана характеристика распределения ихтиофауны.

Результат: представлен современный таксономический перечень рыбообразных и рыб, воспроизводящихся в водных объектах материкового побережья Охотского моря. Он включает 63 вида рыбообразных и рыб, которые отнесены к 2 надклассам, 2 классам, 9 отрядам, 18 семействам и 30 родам.

Практическая значимость: представленная в статье информация будет полезна при организации и проведении научно-исследовательских работ, организации и регулировании рыболовства и обосновании мер по сохранению биологического разнообразия ихтиофауны материкового побережья Охотского моря, в том числе в условиях изменения климата.

Ключевые слова: аннотированный список, материковое побережье Охотского моря, ихтиофауна, пресноводные, полупроходные и проходные рыбы, типы ареалов.

Annotated list of fish-like vertebrates and fishes of the fresh water bodies of the continental coast of the Sea of Okhotsk

Sergey L. Marchenko¹, Olga A. Maznikova¹, Sergey E. Kulbachny¹, Elizaveta A. Kirillova^{1,2}

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

² A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS («IEE RAS»), 33, Leninsky pr., Moscow, 119071, Russia

The aim: synthesis of original and literary data on the species composition of fish-like vertebrates and fresh-water fishes of the Continental coast of the Sea of Okhotsk.

Applied methods: routine methods of salmonids investigations were applied to prepare this article.

Scientific novelty: the most complete annotated list fish-like vertebrates and freshwater fishes of the Continental coast of the Sea of Okhotsk is presented in the article. Distribution of ichthyofauna is described.

Result: actual taxonomic list of fish-like vertebrates and fishes which reproduce in the water bodies of the Continental coast of the Sea of Okhotsk is presented. It includes 63 species from 30 genera, 18 families, 9 orders, 2 classes and 2 superclasses.

Practical relevance: information presented in the article would be necessary for the purposes of organizing and conducting research work, organizing and regulating of fisheries and substantiating conservation measures for ichthyofauna of the Continental coast of the Sea of Okhotsk biological diversity, particularly under conditions of climatic shift.

Keywords: annotated list, continental coast of the Sea of Okhotsk, ichthyofauna, freshwater, semi-anadromous and anadromous fishes, types of ranges.

ВВЕДЕНИЕ

Материковое побережье Охотского моря простирается от р. Пенжина на северо-востоке до м. Меншикова (зал. Сахалинский) на юго-востоке (рис. 1). Для региона характерен сложный рельеф, в котором преобладают горные и горно-долинные элементы. В тесной связи с рельефом находится густая речная сеть. Большинство водотоков имеют горный и полугорный характер. Все реки в нижнем течении испытывают

влияние морских приливов [Север Дальнего Востока, 1970].

В прошлом значительное влияние на ихтиофауну региона оказали тектонические перестройки и изменения климата, которые сопровождались изменением геоморфологической структуры и гидрологического режима речных бассейнов, оледенениями, трансгрессиями и регрессиями моря. Современный видовой состав рыбообразных и рыб региона формировался,

главным образом, под влиянием ихтиофауны смежных речных бассейнов. Проходные и полупроходные виды колонизировали водные объекты через приустьевые зоны морского побережья. Пресноводная ихтиофауна проникала в реки как через хиатусы в их верховьях, так и расселялась по речным бассейнам в периоды объединения русел в результате транс-

грессии моря [Линдберг, 1972; Черешнев, 1996, 1998; Свиточ, 2004; Галанин и др., 2006; Гросвальд, 2009; Василенко и др., 2011].

Ихтиофауну пресных вод материкового побережья Охотского моря исследуют с 1920–1930-х гг. [Линдберг, Дулькейт, 1929; Розов, 1938], а с учётом сводки Н.В. Слюнина [1900] эти работы выполняют

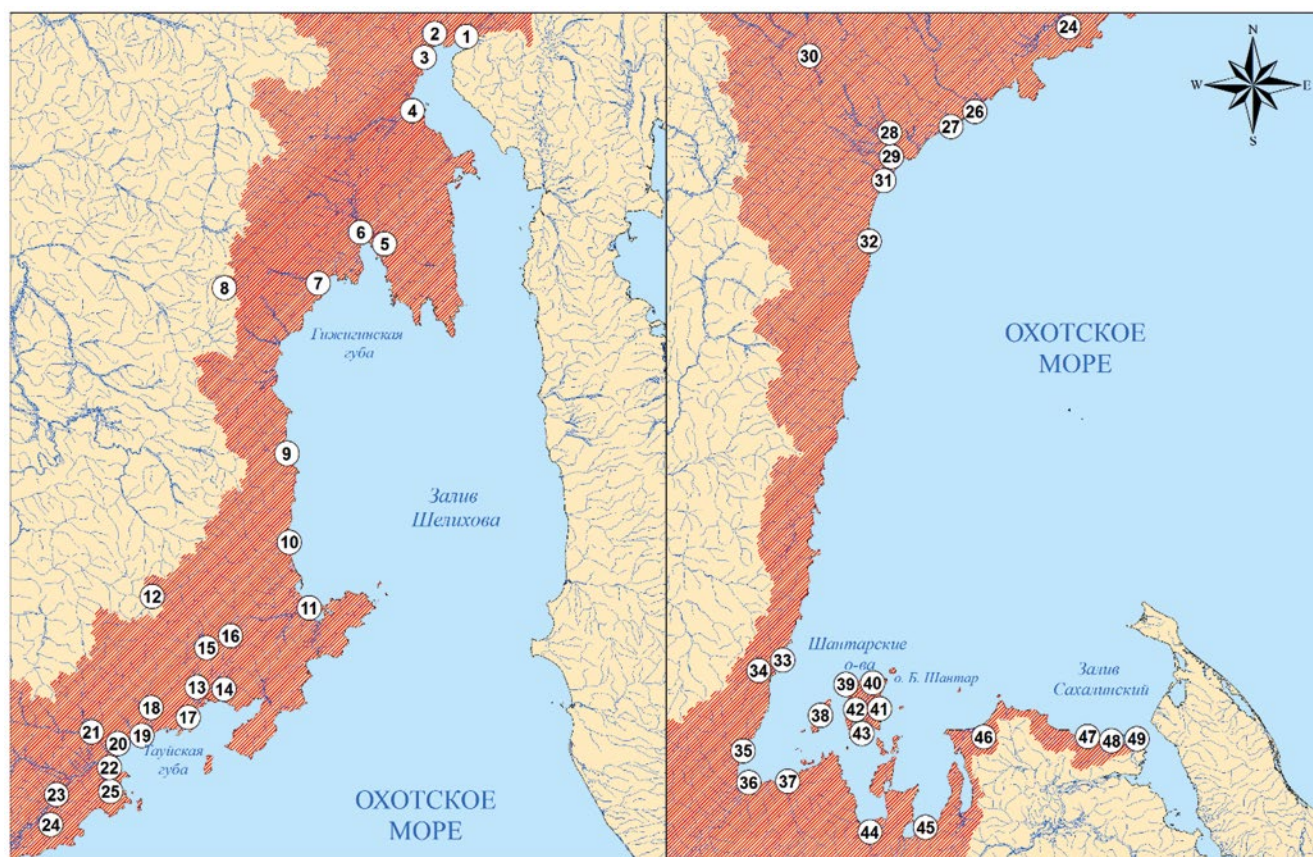


Рис. 1. Карта-схема материкового побережья Охотского моря и водные объекты, указанные в описаниях видов: 1 – р. Пенжина, 2 – р. Шестакова, 3 – р. Микина, 4 – р. Парень, 5 – р. Авекова, 6 – р. Гижига, 7 – р. Наяхан, 8 – оз. Нярка, 9 – р. Туманы, 10 – р. Тактояма, 11 – р. Яма, 12 – Эликчанские озера, 13 – р. Ола, 14 – оз. Чистое, 15 – оз. Мак-Мак, 16 – оз. Киси, 17 – реки Дукча, Магаданка, 18 – р. Армань, 19 – р. Ойра, 20 – р. Широкая (оз. Глухое), 21 – р. Яна, 22 – р. Тауй, 23 – р. Кава, 24 – оз. Чукча, 25 – залив Мотыклейский (р. Мотыклейка), 26 – р. Иня, 27 – р. Ульбея, 28 – р. Кухтуй, 29 – р. Охота, 30 – Уегинские озера, 31 – р. Урак, 32 – р. Улья, 33 – р. Мутэ, 34 – р. Немуй, 35 – р. Киран, 36 – р. Уда, 37 – р. Тыл, 38 – р. Лебязья (о. Феклистова), 39 – р. Оленья (о. Большой Шантар), 40 – оз. Большое (о. Большой Шантар), 41 – р. Средняя (о. Большой Шантар), 42 – р. Якшина (о. Большой Шантар), 43 – Якшина губа (о. Большой Шантар), 44 – р. Тугур, 45 – р. Усалгин, 46 – р. Мухтеля (оз. Мухтеля), 47 – р. Коль, 48 – р. Иска, 49 – м. Меньшикова (зал. Сахалинский)

Примечание: штриховкой выделено материковое побережье Охотского моря.

Fig. 1. Schematic map of the continental coast of the Sea of Okhotsk and water bodies pointed in the species descriptions: 1 – Penzhina River, 2 – Shestakova River, 3 – Mikina River, 4 – Paren' River, 5 – Avekova River, 6 – Gizhiga River, 7 – Nayakhan River, 8 – Nyarka Lake, 9 – Tumany River, 10 – Takhtoyama River, 11 – Yama River, 12 – Elikchanskiye lakes, 13 – Ola River, 14 – Chistoye Lake, 15 – Mak-Mak Lake, 16 – Kisi Lake, 17 – Dukcha and Magadanka Rivers, 18 – Arman' River, 19 – Ojra River, 20 – Shirokaya River (Glukhoe Lake), 21 – Yana River, 22 – Tauj River, 23 – Kava River, 24 – Chukcha Lake, 25 – Motyklejskij gulf (the Motyklejka River), 26 – Inya River, 27 – Ul'beya River, 28 – Kukhtuj River, 29 – Okhota River, 30 – Ueginskiye lakes, 31 – Urak River, 32 – Ul'ya River, 33 – Mute River, 34 – Nemuj River, 35 – Kiran River, 36 – Uda River, 37 – Tyl' River, 38 – Lebzhazh'ya (Feklistova Island), 39 – Olen'ya River (Bolshoy Shantar Island), 40 – Bolshoye Lake (Bolshoy Shantar Island), 41 – Srednyaya River (Bolshoy Shantar Island), 42 – Yakshina River (Bolshoy Shantar Island), 43 – Yakshina Bay (Bolshoy Shantar Island), 44 – Tugur River, 45 – Usalgin River, 46 – Mukhtelya River (Mukhtelya Lake), 47 – Kol' River, 48 – Iska River, 49 – Menshikov Cape (Sakhalinskiy Gulf)

Note: the Continental coast of the Sea of Okhotsk is highlighted in shading.

более 100 лет. После длительного перерыва, видовой состав пресноводных рыбообразных и рыб материкового побережья Охотского моря был представлен в работах И.А. Черешнева [1996, 1998]. Частично он приведён в определителях и сводках для Северо-Востока России [Черешнев и др., 2001, 2002; Фёдоров и др., 2003], бассейна р. Амур [Bogutskaya et al., 2008; Новомодный, 2014] и России в целом [Атлас..., 2002; Богуцкая, Насека, 2004; Парин и др., 2014]. Вместе с тем, за последние 20 лет была получена новая информация об ихтиофауне рек материкового побережья Охотского моря [Васильева, 2001; Черешнев, 2002 а, б; Шедько, Шедько, 2003; Алексеев и др., 2004; Юсупов и др., 2004; Радченко, 2004; Шедько, 2005; Антонов, Книжин, 2011; Сиделева, Гото, 2012; Поспехов и др., 2013; Груздева и др., 2015; Коваль и др., 2015, 2018; Савельев и др., 2017; Антонов и др., 2019; Ермолин и др., 2021].

Цель настоящей статьи — представить актуальный аннотированный список рыбообразных и рыб материкового побережья Охотского моря, основываясь на литературных данных и собственных наблюдениях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе рассмотрена ихтиофауна 48 водных объектов материкового побережья Охотского моря, в их число входят 38 рек и 10 озёр: оз. Нерка (басс. р. На-яхан), Эликчанские озёра (басс. р. Яма), озёра Киси, Мак-Мак и Чистое (басс. р. Ола), оз. Глухое (басс. р. Широкая), оз. Чукча́ (басс. р. Кава), Уегинские озёра (басс. р. Охотá), оз. Большое (басс. р. Оленья), оз. Мухтеля (басс. р. Мухтеля). Наши данные включают сведения по 38 видам рыбообразных и рыб, собранным в двадцати двух водных объектах в 1996–2021 гг. В общей сложности было собрано около 700 экз., не считая представителей семейств: лососевые (Salmonidae), корюшковые (Osmeridae), хариусовые (Thymallidae) и колюшковые (Gasterosteidae), сборы по которым исчисляются тысячами рыб.

Классификация рек по протяжённости на средние — 10–100 км и крупные — >100 км выполнена в соответствии с рекомендациями А.И. Чебатарева [1975].

Статус и номенклатура таксонов приведены с учётом сводки Р. Фрике с соавторами [Fricke et al., 2021], за исключением тихоокеанских форелей, латинское родовое название которых сохранено как *Parasalmo* [Глубоковский, 1995], а также случаев, для которых представлены соответствующие комментарии.

Лососевые (Salmonidae), хариусовые (Thymallidae) и сиговые (Coregonidae) представлены в ранге «се-

мейство» [Атлас..., 2002; Богуцкая, Насека, 2004; Парин и др., 2014].

Названия видов расположены в алфавитном порядке.

Зоогеографические характеристики видов приведены по Н.В. Парину с соавторами [2014]. По типу местообитаний (водных объектов) представленные виды подразделены на речные, озёрные и озёрно-речные.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Видовой состав рыбообразных и рыб в водных объектах материкового побережья Охотского моря представлен 63 видами, которые объединены в 30 родов, 18 семейств, 9 отрядов, 2 класса и 2 надкласса.

ТИП Chordata — Хордовые

ПОДТИП Vertebrata — Позвоночные

НАДКЛАСС Agnata — Бесчелюстные

КЛАСС I. Petromyzonti — Миноги

Отряд I. Petromyzontiformes — Миногообразные

Семейство 1. Petromyzontidae Bonaparte, 1831 — Миноговые

Род 1. *Lethenteron* Creaser et Hubbs, 1922 — Тихоокеанские миноги

1. *Lethenteron camtschaticum* (Tilesius, 1811) — тихоокеанская минога. Арктическо-бореальный, евроазиатский и североамериканский. Проходной. Пресноводный. Речной, жилая форма вида. Вероятно, во всех средних и крупных реках материкового побережья Охотского моря [Черешнев, 1998; Атлас..., 2002; Фёдоров и др., 2003; Bogutskaya et al., 2008]. По нашим наблюдениям, вид обычен в реках Гижига, Яма, Ола, Яна и Тауй.

2. *Lethenteron reissneri* (Dybowski, 1869) — дальневосточная ручьевая минога. Высокобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Речной. Вероятно, во всех средних и крупных реках материкового побережья Охотского моря [Черешнев, 1998; Атлас..., 2002; Фёдоров и др., 2003; Bogutskaya et al., 2008]. По нашим данным, вид обычен в реках Гижига, Яма, Ола, Яна и Тауй.

НАДКЛАСС Gnathostomata — Челюстноротые

КЛАСС II. Actinopteri — Лучепёрые рыбы

Отряд II. Acipenseriformes — Осетрообразные

Семейство 2. Acipenseridae Bonaparte, 1831 — Осетровые

Род 2. *Acipenser* L., 1758 — Осетры

3. *Acipenser medirostris* Ayres, 1854 — сахалинский, зелёный осётр. Низкобореальный, евроазиатский. Проходной. Река Коль. Половозрелая самка была поймана в июле 2018 года при выполнении полевых исследований. После визуальной идентификации она

была отпущена в естественную среду обитания [собственные наблюдения].

Отряд III. Cypriniformes — Карпообразные

Подотряд Cobitoidei

Семейство 3. Nemacheilidae Regan, 1911 — Усатые гольцы

Род 3. *Barbatula* Linck, 1790 — Усатые гольцы

4. *Barbatula toni* (Dybowski, 1869) — сибирский усатый голец. Широкобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Речной. Реки Иня, Ульбея, Охотá, Урак, Уда, Тугур, оз. Большое (о. Большой Шантар), реки Сахалинского залива [Линдберг, Дулькейт, 1929; Черешнев, 1990, 1998; Атлас..., 2002; Фёдоров и др., 2003; Алексеев и др., 2004]. По нашим материалам, вид обитает в реках Сахалинского залива, а также в р. Тугур.

Семейство 4. Cobitidae Swainson, 1838 — Вьюновые

Род 4. *Cobitis* L., 1758 — Щиповки

5. *Cobitis lutheri* Rendahl, 1935 — щиповка Лютера. Низкобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Озёрно-речной. Река Тугур [Новомодный, 2014].

Род 5. *Misgurnus* Lacépède, 1803 — Вьюны

6. *Misgurnus mohoity* (Dybowski, 1869) — вьюн могойт. Низкобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Озёрно-речной, речной. Река Тугур до м. Меньшикова (зал. Сахалинский) [Новомодный, 2014].

7. *Misgurnus nikolskyi* Vasil'eva, 2001 — вьюн Никольского. Низкобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Озёрно-речной. Реки Уда, Тугур [Васильева, 2001; Bogutskaya et al., 2008].

Подотряд Cyprinoidei

Семейство 5. Cyprinidae Rafinesque, 1815 — Карповые

Подсемейство 1. Cyprininae Rafinesque, 1815 — Карповые

Род 6. *Carassius* Jarocki, 1822 — Караси

8. *Carassius carassius* (L., 1758) — золотой карась. Широкобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Озёрный, речной. Река Охотá, озера в верховьях р. Урак [Черешнев, 1990, 1996, 1998; Фёдоров и др., 2003].

Комментарий: В сводках И.А. Черешнева [1990, 1996, 1998] и В.В. Фёдорова с соавторами [2003] данный вид представлен в качестве подвида — якутский карась (*Carassius carassius jacuticus* Kirillov, 1956). Вместе с тем, в сводке Р. Фрике с соавторами [Fricke et al., 2021] якутский карась является синонимом золотого карася.

9. *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) — серебряный карась. Широкобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Озёрный, речной. Реки Уда, Тугур [Розов, 1938]. По нашим материалам вид обычен в р. Тугур.

Семейство 6. Gobionidae Bleeker, 1863 — Пескарёвые

Род 7. *Gobio* Cuvier, 1816 — Пескари

10. *Gobio cynocephalus* Dybowski, 1869 — амурский пескарё. Широкобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Озёрный, речной. Реки Уда, Тугур [Bogutskaya et al., 2008; Антонов и др., 2019]. По нашим наблюдениям вид обитает в р. Тугур.

Семейство 7. Acheilognathidae Bleeker, 1863 — Горчаковые

Род 8. *Acheilognathus* Bleeker, 1860 — Колючие горчаки

11. *Acheilognathus asmussii* (Holčák, 1962) — амурский колючий горчак. Низкобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Речной. Реки Уда, Тугур [Розов, 1938].

Комментарий: в более поздних сводках [Bogutskaya et al., 2008; Парин и др., 2014] данный вид в рассматриваемом регионе отсутствует.

Род 9. *Rhodeus* Agassiz, 1832 — Горчаки

12. *Rhodeus sericeus* (Pallas, 1776) — амурский горчак. Низкобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Озёрный, речной. Реки от Уды до м. Меньшикова (зал. Сахалинский) [Атлас..., 2002; Bogutskaya et al., 2008; Антонов и др., 2019].

Семейство 8. Leuciscidae Bonaparte, 1835 — Ельцовые

Подсемейство 2. Pseudaspininae Bogutskaya, 1990

Род 10. *Pseudaspius* Dybowski, 1869 — Амурские плоскоголовые жерехи

13. *Pseudaspius hakonensis* (Günther, 1877) — крупночешуйная краснопёрка-угай. Низкобореальный, евроазиатский. Проходной. Пресноводный. Озёрный. Речной. Водные объекты Шантарских островов [Шедько, 2005].

Комментарий: Г.У. Линдберг и Г.Д. Дулькейт [Линдберг, Дулькейт, 1929] описали краснопёрку-угай *Leuciscus brandti* из оз. Большое (о. Б. Шантар). О.Ф. Гриценко [Гриценко, 1974], опираясь на количество чешуй в боковой линии и относительную длину головы, приведённые в работе Г.У. Линдберга и Г.Д. Дулькейта [Линдберг, Дулькейт, 1929], отнёс краснопёрку-угая к другому виду — езо-угай (*Tribolodon ezoe* (Okada et Ikeda, 1937) (по современным представлениям — это синоним сахалинской краснопёрки *Pseudaspius sachalinensis* [Fricke et al., 2021]). Х. Сакай [Sakai, 1995] в своём обзоре указал Шантарские о-ва как северную границу распространения езо-угая (= *Pseudaspius sachalinensis*) и крупночешуйной краснопёрки *Tribolodon hakonensis* Günther 1877. В работах С.С. Алексеева с соавторами [2004] и А.Б. Ермолина с соавторами [2021] для Шантар-

ских о-вов приведена информация только о мелкочешуйной краснопёрке *Tribolodon brandti*. Вместе с тем, вышеперечисленные исследователи использовали малое количество диагностических признаков, что не позволило точно идентифицировать образцы. С.В. Шедько [2005], опираясь на устойчивые диагностические признаки (число чешуй перед спинным плавником и в боковой линии, форму заднего конца плавательного пузыря, строение головных каналов сейсмодатированной системы) идентифицировал образцы, собранные в водных объектах Шантарских о-вов, как *Tribolodon hakonensis*.

Род 11. *Rhynchocypris* Günther, 1889 — Китайские голяны

14. *Rhynchocypris czekanowskii* Dybowski, 1869 — голян Чекановского. Широкобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Речной. Реки Уда, Тугур, водные объекты о. Большой Шантар [Bogutskaya et al., 2008; Новомодный, 2014; Антонов и др., 2019]. По нашим наблюдениям вид обитает в р. Тугур.

15. *Rhynchocypris oxyccephalus* (Sauvage & Dabry de Thiersant, 1874) — китайский голян. Низкобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Озёрный, речной. Реки Шантарских островов [Алексеев и др., 2004].

16. *Rhynchocypris lagowskii* Dybowski, 1869 — голян Лаговского. Низкобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Речной. Реки Уда, Тугур [Розов, 1938; Шедько, Шедько, 2003]. По нашим наблюдениям вид обитает в р. Тугур.

17. *Rhynchocypris percunurus* (Pallas, 1814) — озёрный голян. Арктическо-бореальный, евроазиатский. Пресноводный. Озёрный. Реки Пенжина, Тай, Охотá, Уда, Тугур [Черешнев, 1990, 1998; Фёдоров и др., 2003]. В наших сборах озёрный голян представлен из рек Тай, Уда и Тугур.

Подсемейство 3. Phoxininae Bleeker, 1863 — Голяны

Род 12. *Phoxinus* Rafinesque, 1820 — Голяны

18. *Phoxinus phoxinus* (L., 1758) — речной голян. Арктическо-бореальный, евроазиатский. Пресноводный. Речной. Широко распространённый, за исключением рек Шантарских островов [Черешнев, 1990, 1998; Фёдоров и др., 2003]. В наших сборах вид представлен из рек Гижига, Ола, Тугур, Коль.

Отряд IV. Esociformes — Щукообразные

Семейство 9. Esocidae Rafinesque, 1815 — Щуковые

Род 13. *Esox* L., 1758 — Щуки

19. *Esox lucius* L., 1758 — обыкновенная щука. Арктическо-бореальный, евроазиатский и североамериканский. Пресноводный. Озёрно-речной. Реки Пенжина, Парень, Гижига, Ульбея, Иня, Кухтуй, Охотá

[Черешнев, 1990, 1998; Фёдоров и др., 2003; Коваль и др., 2015, 2018]. По нашим наблюдениям обыкновенная щука — распространённый вид в р. Гижига.

20. *Esox reichertii* Dybowski, 1869 — амурская щука. Низкобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Озёрно-речной. Реки Уда, Тугур [Атлас..., 2002; Антонов и др., 2019], что подтверждают и наши исследования.

Отряд V. Osmeriformes — Корюшкообразные

Семейство 10. Osmeridae Regan, 1913 — Корюшковые

Род 14. *Hypomesus* Gill, 1862 — Малоротые корюшки

21. *Hypomesus olidus* (Pallas, 1814) — обыкновенная малоротая корюшка. Арктическо-бореальный, евроазиатский и североамериканский. Проходной. Пресноводный. Озёрный (преимущественно), речной. Эстурии и бассейны рек Пенжина, Ола, Ойра, Армань, Яна, Тай, оз. Большое (о. Большой Шантар) [Черешнев, 1990, 1998; Фёдоров и др., 2003; Алексеев и др., 2004]. Наши исследования показали, что вид является обычным компонентом ихтиофауны рек Ола, Армань, Ойра, Широкая, Яна, Тай.

Род 15. *Osmerus* L., 1758 — Корюшки

22. *Osmerus dentex* Steindachner et Kner, 1870 — азиатская корюшка. Арктическо-бореальный, евроазиатский и североамериканский. Проходной. Повсеместно [Черешнев, 1990, 1998; Черешнев и др., 2001; Фёдоров и др., 2003; Алексеев и др., 2004], что подтверждено нашими исследованиями.

Отряд VI. Salmoniformes — Лососеобразные

Семейство 11. Coregonidae Core, 1872 — Сиговые

Род 16. *Coregonus* L., 1758 — Сиги

23. *Coregonus sardinella* Valenciennes, 1848 — сибирская ряпушка. Арктический, евроазиатский и североамериканский. Полупроходной. Пресноводный. Озёрно-речной. Река Пенжина [Черешнев, 1990; Коваль и др., 2015, 2018].

Комментарий: согласно исследованиям Е.А. Боровиковой и В.С. Артамоновой [Borovikova, Artamonova, 2021] сибирская и европейская ряпушки являются одним видом — *Coregonus albula*. Это же отражено в сводке Р. Фрике с соавторами [Fricke et al., 2021].

24. *Coregonus anaulorum* Chereshev, 1996 — сиг-востряк. Арктический, евроазиатский. Полупроходной. Пресноводный. Речной. Река Пенжина [Черешнев, 1990, 1996, 1998; Черешнев и др., 2001; Фёдоров и др., 2003]. К этому виду следует относить «сига-пыжьяна *Coregonus lavaretus pidschian* (Gmelin, 1789)» из р. Пенжина [Коваль и др., 2015].

Комментарий: М.В. Коваль и др. [2015], опираясь на исследования частот аллозимных аллелей и гаплогрупп

типы участка ND-1 мтДНК, приходят к выводу об отсутствии убедительных сведений о репродуктивной изоляции между сигом-востряком и сигом-пыжьяном *Coregonus pidschian* (Gmelin, 1789). На этом основании исследователи считают, что сиг-востряк не имеет самостоятельного таксономического статуса, но у М.В. Коваль с соавторами [2015] нет прямых наблюдений за совместным нерестом этих сигов. Вместе с тем, в сводках И.А. Черешнева [1990] и В.В. Фёдорова с соавторами [2003] сиг-востряк представлен в качестве самостоятельного вида. Несомненно, что вопрос о присутствии сига-востряка и сига-пыжьяна в р. Пенжина требует дополнительных исследований, но до их проведения и получения однозначных данных считаем возможным согласиться с мнением И.А. Черешнева [1990] и В.В. Фёдорова с соавторами [2003] о том, что в р. Пенжина обитает сиг-востряк. В пользу этого говорит то, что сиг-востряк способен выходить в солоноватые воды, тогда как сиг-пыжьян — типично пресноводный вид. Более высокая солёностная толерантность сига-востряка позволяет ему формировать единую популяционную систему в реках Пенжина и Палана, о чём сообщает М.В. Коваль с соавторами [2015, 2018].

25. *Coregonus chadary* Dybowski, 1862 — сиг-хада-ры. Низкобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Озёрно-речной, речной. Может выходить в солоноватые воды. Реки Уда, Тугур [Линдберг, Дулькейт, 1929; Розов, 1938; Черешнев, 1998; Bogutskaya et al., 2008; Антонов и др., 2019]. В наших сборах вид представлен из р. Тугур.

26. *Coregonus nasus* (Pallas, 1776) — чир. Арктический, евроазиатский и североамериканский. Пресноводный. Озёрно-речной. Река Пенжина. Акклиматизирован в оз. Чистое (бассейн р. Ола) [Черешнев, 1990, 1998; Черешнев и др., 2001; Фёдоров и др., 2003; Юсупов и др., 2004; Коваль и др., 2015, 2018]. По нашим наблюдениям, чир редко встречается в уловах в нижнем течении р. Ола. Немногочислен он и в оз. Чистое.

27. *Coregonus peled* (Gmelin, 1789) — пелядь. Арктический, евроазиатский. Полупроходной. Пресноводный. Озёрно-речной, речной. Может выходить в солоноватые воды. Акклиматизирован в оз. Гранд (Эликчанские озера, верховья р. Яма). Попытка акклиматизации в оз. Чистое (бассейн р. Ола), по-видимому, оказалась неудачной [Юсупов и др., 2004]. По нашим данным, пелядь редко отмечают в уловах в нижнем течении р. Яма.

28. *Coregonus subautumnalis* Kaganowsky, 1932 — пенжинский омуль. Высокобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Озёрно-речной. Река Пенжина

[Берг, 1932; Черешнев, 1990; Черешнев и др., 2001; Фёдоров и др., 2003; Коваль и др., 2015, 2018].

Род 17. *Prosopium* Jordan, 1878 — Вальки

29. *Prosopium cylindraceum* (Pennant, 1784) — обыкновенный валёк. Арктический, евроазиатский и североамериканский. Пресноводный. Речной. Реки Пенжина, Парень, Наяхан, Кухтуй, Охотá [Черешнев, 1990, 1998; Черешнев и др., 2001; Фёдоров и др., 2003; Коваль и др., 2015, 2018].

Семейство 12. Thymallidae Gill, 1884 — Хариусовые

Род 18. *Thymallus* Linck, 1790 — Хариусы

30. *Thymallus baicalolenensis* Matveev, Samusenok, Pronin et Tel'pukhovskiy, 2005 — байкалоленский хариус. Низкобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Речной. Река Уда [Антонов, Книжин, 2009; Антонов, 2012; Dyldin et al., 2017; Антонов и др., 2019].

31. *Thymallus flavomaculatus* Knizhin, Antonov et Weiss, 2006 — желтопятнистый хариус. Низкобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Речной. Реки Мутэ, Немуй, Киран, Уда, Тьль, Тугур, Мухтеля [Bogutskaya et al., 2008; Антонов, Книжин, 2011; Антонов и др., 2019].

32. *Thymallus mertensii* Valenciennes, 1848 — камчатский хариус. Высокобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Речной. Озёрный. Реки Пенжина, Шестакова, Микина, Парень, Гижига, Яна, Тауй [Черешнев, 1990, 1998; Черешнев и др., 2001; Фёдоров и др., 2003]. По нашим наблюдениям, камчатский хариус обычен в реках Гижига, Яна и Тауй.

33. *Thymallus pallasii* Valenciennes, 1848 — восточносибирский хариус. Высокобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Речной. Озёрный. Реки Яма, Ола, Армань, Иня, Ульбея, Кухтуй, Охотá, Урак [Черешнев, 1990, 1998; Черешнев и др., 2001; Фёдоров и др., 2003]. По нашим наблюдениям, вид обычен в реках Яма, Ола и Армань.

34. *Thymallus tugarinae* Knizhin, Antonov, Safronov et Weiss, 2007 — нижеамурский хариус. Низкобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Речной. Реки Уда, Тугур, Мухтеля [Bogutskaya et al., 2008; Антонов, Книжин, 2011; Антонов и др., 2019; Ермолин и др., 2021]. Наши исследования подтверждают обитание вида в р. Тугур.

Семейство 13. Salmonidae Jarocki, 1822 — Лососевые

Род 19. *Brachymystax* Günther, 1866 — Ленки

35. *Brachymystax lenok* (Pallas, 1773) — острорылый ленок. Высокобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Речной. Реки Уда, Тугур [Bogutskaya et al., 2008; Антонов и др., 2019]. Обитание острорылого ленка в реках Уда и Тугур подтверждено нашими исследованиями.

36. *Brachymystax tumensis* Mori, 1930 – тупорылый ленок. Высокобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Речной. Реки Уда и Тугур, Усалгин, Мухтеля, а также реки Шантарских островов и Сахалинского залива [Шедько, Шедько, 2003; Алексеев и др., 2004; Bogutskaya et al., 2008; Антонов и др., 2019]. Обитание тупорылого ленка в реках Сахалинского залива подтверждено нашими исследованиями.

Род 20. *Hucho* Günther, 1866 – Таймени

37. *Hucho taimen* (Pallas, 1773) – таймень. Высокобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Речной. Реки Уда, Тугур [Линдберг, Дулькейт, 1929; Розов, 1938; Черешнев, 1998; Bogutskaya et al., 2008; Кульбачный, Кульбачная, 2018; Антонов и др., 2019; Ермолин и др., 2021]. Присутствие тайменя в реках Уда и Тугур подтверждают наши наблюдения.

Род 21. *Oncorhynchus* Suckley, 1861 – Тихоокеанские лососи

38. *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) – горбуша. Арктическо-бореальный, евроазиатский и североамериканский. Проходной. Повсеместно [Слюнин, 1900; Берг, 1932; Шмидт, 1950; Черешнев, 1998; Черешнев и др., 2001; Фёдоров и др., 2003]. Согласно данным промысловой статистики о вылове горбуши, предоставленным Охотским и Амурским территориальными управлениями Росрыболовства, промысел вида осуществляется в регионе повсеместно.

39. *Oncorhynchus keta* (Walbaum, 1792) – кета. Арктическо-бореальный, евроазиатский и североамериканский. Проходной. Повсеместно [Слюнин, 1900; Берг, 1932; Шмидт, 1950; Черешнев, 1998; Черешнев и др., 2001; Фёдоров и др., 2003]. Согласно данным промысловой статистики о вылове горбуши, предоставленным Охотским и Амурским территориальными управлениями Росрыболовства, промысел вида осуществляется в регионе повсеместно.

40. *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum, 1792) – кижуч. Арктическо-бореальный, евроазиатский и североамериканский. Проходной. Наибольшей численности достигает в реках западного побережья залива Шелихова и Тайской губы, а также в реках Иня, Ульбея, Кухтуй, Охотá [Слюнин, 1900; Берг, 1932; Шмидт, 1950; Черешнев, 1998; Черешнев и др., 2001; Фёдоров и др., 2003]. Согласно данным промысловой статистики, предоставленным Охотским и Амурским территориальными управлениями Росрыболовства, кижуча облавливают на участке побережья от р. Авекова до р. Унчи. В реках на участке побережья от р. Эйкан до р. Иска отмечается редко.

41. *Oncorhynchus masou* (Brevoort, 1856) – сима. Широкобореальный, евроазиатский. Проходной. Редкий. Реки Тай, Иска [Шмидт, 1950; Крыхтин, 1962].

42. *Oncorhynchus nerka* (Walbaum, 1792) – нерка. Арктическо-бореальный, евроазиатский и североамериканский. Проходной. Наибольшей численности достигает в реках Авекова, Гижига, Ола, Охотá [Слюнин, 1900; Берг, 1932; Розов, 1938; Шмидт, 1950; Черешнев, 1998; Черешнев и др., 2001, 2002; Фёдоров и др., 2003]. По нашим наблюдениям, нерка – обычный, но малочисленный компонент лососевой ихтиофауны рек региона.

43. *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum, 1792) – чавыча. Арктическо-бореальный, евроазиатский и североамериканский. Проходной. Редкий. Реки Гижига, Яма, Ола, Армань, Яна, Тай, Иня, Ульбея, Охота, Кухтуй, Урак, реки залива Мотыклейский [Слюнин, 1900; Шмидт, 1950; Клоков, 1970; Красная книга..., 2019]. По нашим наблюдениям, чавычу отмечают в уловах в реках Ола, Яна и Тай, редко – в р. Гижига и в заливе Мотыклейский.

Род 22. *Parasalmo* Vladikov, 1972 – Тихоокеанские форели

44. *Parasalmo mykiss* (Walbaum, 1792) – микижа. Широкобореальный, евроазиатский и североамериканский. Пресноводный. Озёрный. Озёрно-речной. Речной. Реки Яма, Яна, Иня, Кухтуй, Охота, Улья, а также реки Средняя и Оленья (о. Большой Шантар) [Слюнин, 1900; Шмидт, 1950; Алексеев, Свириденко, 1985; Черешнев, 1998; Черешнев и др., 2002; Фёдоров и др., 2003; Алексеев и др., 2004; Bogutskaya et al., 2008; Груздева и др., 2015; Ермолин и др., 2021]. По нашим наблюдениям, микижу изредка ловят в реках Туманы, Тахтояма, Ола. Кроме того, наши исследования подтверждают наличие микижи в водных объектах Шантарских о-вов.

Род 23. *Salvelinus* Richardson, 1836 – Гольцы

45. *Salvelinus alpinus* (L., 1758) – арктический голец. Арктический, евроазиатский и североамериканский. Проходной. Пресноводный. Озёрный. Река Наяхан (оз. Нярка) [Черешнев, 1990, 1996, 1998; Черешнев и др., 2001, 2002].

46. *Salvelinus curilus* (Pallas, 1814) – южная мальма. Широкобореальный, евроазиатский. Проходной. Озёрно-речной. Речной. Ручьевой. Реки о-вов Большой Шантар и Феклистова, от р. Уда до м. Меньшикова [Алексеев и др., 2004; Есин, Маркевич, 2017].

47. *Salvelinus levanidovi* Chereshev, Skopets et Gudkov, 1989 – голец Леванидова. Высокобореальный, евроазиатский. Проходной. Реки Пенжина, Гижига, Тахтояма, Иреть, Яма, Ола, Ойра, Яна, Тай [Черешнев и др., 1989; Черешнев, 1990, 1998; Черешнев и др., 2001; Фёдоров и др., 2003; Поспехов и др., 2013; Красная книга..., 2019]. По нашим наблюдениям, голец Леванидова обычный компонент ихтиофа-

уны в реках южной части п-ова Кони, а также в реках Гижига, Тахтояма, Ола, Ойра, Яна и Тауй.

48. *Salvelinus leucomaenis* (Pallas, 1814) — кунджа. Широкобореальный, евроазиатский. Проходной. Пресноводный. Озёрно-речной. Речной. Широко распространён [Таранец, 1933; Шмидт, 1950; Черешнев, 1990, 1996, 1998; Черешнев и др., 2001, 2002; Фёдоров и др., 2003]. По нашим наблюдениям, кунджа отсутствует в реках Гижигинской губы, но является обычным компонентом ихтиофауны в реках Тахтояма, Иреть, Яма, Ола, Армань, Ойра, Яна и Тауй, а также в реках зал. Мотыклейский.

49. *Salvelinus malma* (Walbaum, 1792) — северная мальма. Арктический, евроазиатский и североамериканский. Проходной. Пресноводный. Озёрно-речной. Речной. Ручьевой. От р. Пенжина до р. Уда [Таранец, 1933; Шмидт, 1950; Черешнев и др., 2002; Фёдоров и др., 2003; Есин, Маркевич, 2017]. По нашим наблюдениям, северная мальма — обычный компонент ихтиофауны в реках Авекова, Гижига, Вилига, Туманы, Тахтояма, Иреть, Яма, Ола, Армань, Яна, Тауй, Иня, Ульбея, Кухтуй, Охота, Урак, Улья, а также в реках зал. Мотыклейский.

50. *Salvelinus neiva* Taranetz, 1933 — нейва. Арктический, евроазиатский. Пресноводный. Озёрный. Реки Ола (оз. Мак-Мак) и Охотá (Уегинские озера) [Таранец, 1933; Волобуев, 1976, 1977; Фёдоров и др., 2003; Красная книга..., 2019].

51. *Salvelinus taranetzi* Kaganovsky, 1955 — голец Таранца. Арктический, евроазиатский и североамериканский. Проходной. Пресноводный. Озёрный. Бассейн реки Яма (Эликчанские озера) [Радченко, 2004].

52. *Salvelinus* sp. Высокобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Озёрный. Бассейн р. Глухая [Черешнев, 1990; Богуцкая, Насека, 2004].

Отряд VII. Gadiformes — Трескообразные

Подотряд Gadoidei

Семейство 14. Lotidae Bonaparte, 1837 — Налимовые

Род 24. *Lota* Oken, 1817 — Налимы

53. *Lota lota* (L., 1758) — налим. Арктическо-бореальный, евроазиатский и североамериканский. Пресноводный. Озёрно-речной, речной. Реки Пенжина, Парень, Гижига, Наяхан, Уда, Тугур, а также р. Якшина (о. Большой Шантар) и реки о. Феклистова (Шантарские о-ва), реки Сахалинского залива [Линдберг, Дулькейт, 1929; Розов, 1938; Берг, 1949; Черешнев, 1990, 1998; Черешнев и др., 2001; Фёдоров и др., 2003; Алексеев и др., 2004; Коваль и др., 2015, 2018; Антонов и др., 2019; Ермолин и др., 2021]. По нашим наблюдениям, налим обитает в реках Гижига, Тугур.

Отряд VIII. Perciformes — Окунеобразные

Подотряд Gasterosteidae

Семейство 15. Gasterosteidae Bonaparte, 1831 — Колюшковые

Род 25. *Gasterosteus* L., 1758 — Трёхиглые колюшки

54. *Gasterosteus aculeatus* L., 1758 — трёхиглая колюшка. Арктическо-бореальный, евроазиатский и североамериканский. Проходной. Пресноводный. Реже морской. Повсеместно [Черешнев, 1990, 1998; Черешнев и др., 2001; Фёдоров и др., 2003; Алексеев и др., 2004], что подтверждено нашими наблюдениями.

Род 26. *Pungitius* d'Annone, 1760 — Многоиглые колюшки

55. *Pungitius pungitius* (L., 1758) — девятииглая колюшка. Арктическо-бореальный, евроазиатский и североамериканский. Проходной. Пресноводный. Реже солоноватоводный. Повсеместно [Черешнев, 1990, 1998; Черешнев и др., 2001; Фёдоров и др., 2003; Алексеев и др., 2004], что подтверждено нашими наблюдениями.

56. *Pungitius sinensis* (Guichenot, 1869) — амурская или китайская девятииглая колюшка. Широкобореальный, евроазиатский. Проходной. Пресноводный. Озёрный. Река Ола (оз. Чистое), реки Шантарских островов [Линдберг, Дулькейт, 1929; Черешнев, 2002 а; Фёдоров и др., 2003; Алексеев и др., 2004; Bogutskaya et al., 2008; Красная книга..., 2019].

57. *Pungitius* sp. — колюшка ложносахалинская. Низкобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Речной. Реки от Тугура до м. Меншикова (зал. Сахалинский) [Bogutskaya et al., 2008; Антонов и др., 2019].

58. *Pungitius tymensis* (Nikolsky, 1889) — сахалинская девятииглая колюшка. Широкобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Озёрно-речной, речной. Реки Уда, Тугур [Черешнев, 2002 б].

Подотряд Cottidae — Рогатковидные

Семейство 16. Cottidae Bonaparte, 1831 — Рогатковые

Подсемейство 4. Cottinae Bonaparte, 1831 — Рогатковые

Род 27. *Cottus* L., 1758 — Подкаменщики

59. *Cottus kolyomensis* Sideleva et Goto, 2012 — колымский подкаменщик. Арктический, евроазиатский. Пресноводный. Речной. Может выходить в солоноватые воды. Повсеместно, за исключением водных объектов Шантарских о-вов, а также рек Уда и Тугур [Сиделева, Гото, 2012; Парин и др., 2014]. По нашим наблюдениям, вид обычен в реках Гижига, Ола, Армань, Яна и Тауй.

60. *Cottus szanaga* Dybowski, 1869 — амурский подкаменщик. Низкобореальный, евроазиатский. Пресноводный. Речной. Реки Уда, Тугур [Bogutskaya et al.,

2008; Савельев и др., 2017; Антонов и др., 2019; Ермолин и др., 2021], что подтверждают наши исследования.

Род 28. *Mesocottus* Gratzianow, 1907 –

Подкаменщики-широколобки

61. *Mesocottus haitej* (Dybowski, 1869) – амурская широкобorealный, евроазиатский. Пресноводный. Речной. Реки Уда, Тугур [Черешнев, 1998; Bogutskaya et al., 2008; Савельев и др., 2017; Ермолин и др., 2021], что подтверждают наши исследования.

Подотряд Percoidei – Окуневидные

Семейство 17. Percidae Rafinesque, 1815 – Окуневые

Подсемейство 5. Percinae Rafinesque, 1815 –

Пресноводные окуни

Род 29. *Perca* L., 1758 – Пресноводные окуни

62. *Perca fluviatilis* L., 1758 – речной окунь. Широкобorealный, евроазиатский. Пресноводный. Озёрно-речной. Обнаружен только в верховьях р. Урак [Черешнев, 1990, 1998; Черешнев и др., 2001; Фёдоров и др., 2003].

Отряд IX. Gobiiformes – Бычкообразные

Семейство 18. Odontobutidae Hoese et Gill, 1993 – Головёшковые

Род 30. *Perccottus* Dybowski, 1877 – Ротаны-головёшки

63. *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 – ротан-головёшка. Широкобorealный, евроазиатский. Пресноводный. Озёрный, озёрно-речной, речной. От р. Уды до м. Меньшикова (зал. Сахалинский) [Атлас..., 2002; Bogutskaya et al., 2008; Решетников, 2009; Антонов и др., 2019].

Распределение ихтиофауны

Основу ихтиофауны материкового побережья Охотского моря составляют пресноводные рыбообразные и рыбы – 40 видов из 23 родов, 16 семейств и 8 отрядов. Проходные представлены 21 видом из 10 родов, 6 семейств и 6 отрядов, полупроходные – 2 видами из 1 рода, 1 семейства и 1 отряда.

Среди пресноводных рыбообразных и рыб 31 вид (77,5% от всей фауны группы) обитает в умеренных широтах: преобладают низкобorealные (14 видов, 45,2%) евроазиатские (36 видов, 90,0%) виды. Полупроходные рыбы представлены исключительно арктическими видами: сиг-востряк обитает в Евразии, сибирская (европейская?) ряпушка – и в Евразии, и в Северной Америке. Проходная ихтиофауна состоит, главным образом, из арктическо-бorealных (10 видов, 47,6%) и бorealных (8 видов, 38,1%) видов. Преобладают виды, обитающие одновременно в Евразии и в Северной Америке, – 14 видов (66,7%).

В ихтиофауне материкового побережья Охотского моря доминируют представители отряда Лососеобразных – 30 видов (8 родов, 3 семейства), из них пресноводные – 15 видов (6 родов, 3 семейства), проходные – 13 видов (3 родов, 1 семейства) и полупроходные – 2 вида (1 род, 1 семейство). Широко представлены Карпообразные – 15 видов (10 родов, 6 семейств). Это, главным образом, пресноводные рыбы – 14 видов (9 родов, 6 семейств), и только 1 вид (1 род, 1 семейство) является анадромным (табл. 1).

Отряды Осетрообразных и Корюшкообразных представлены исключительно проходными, а Щукообразные, Трескообразные и Бычкообразные – только пресноводными видами. Среди Миногообразных

Таблица 1. Таксономическая структура ихтиофауны, а также соотношение пресноводных, полупроходных и проходных видов в водных объектах материкового побережья Охотского моря

Table 1. Taxonomic structure of ichthyofauna and the ratio of freshwater, semi-anadromous and anadromous species in the water bodies of the continental coast of the Sea of Okhotsk

Отряд	Количество, ед.					
	Семейств	Родов	Видов	из них:		
				пресноводные	полупроходные	проходные
Отряд I. Petromyzontiformes – Миногообразные	1	1	2	1	–	1
Отряд II. Acipenseriformes – Осетрообразные	1	1	1	–	–	1
Отряд III. Cypriniformes – Карпообразные	6	10	15	14	–	1
Отряд IV. Esociformes – Щукообразные	1	1	2	2	–	–
Отряд V. Osmeriformes – Корюшкообразные	1	2	2	–	–	2
Отряд VI. Salmoniformes – Лососеобразные	3	8	30	15	2	13
Отряд VII. Gadiformes – Трескообразные	1	1	1	1	–	–
Отряд VIII. Perciformes – Окунеобразные	3	5	9	6	–	3
Отряд IX. Gobiiformes – Бычкообразные	1	1	1	1	–	–
Всего	18	30	63	40	2	21

и Окунеобразных есть как туводные, так и проходные виды (табл. 1).

В пресноводной ихтиофауне рассматриваемого региона широко распространены только дальневосточная ручьевая минога, речной голянь и колымский подкаменщик. Остальные виды распределены мозаично (табл. 2). При этом широкое распространение колымского подкаменщика, вероятно, связано с устойчивостью к солоноватым водам, что позволяет ему расселяться между речными бассейнами в периоды отливов [Черешнев, 1982; Парин и др., 2014]

Высокое видовое разнообразие пресноводной ихтиофауны наблюдается на трёх участках побережья. На севере материкового побережья Охотского моря разнообразная туводная ихтиофауна описана для рек

Пенжина, Парень, Гижига и Наяхан. Наибольшее видовое разнообразие на этом участке характерно для р. Пенжина, в которой обитают 10 пресноводных видов. В западном направлении видовое разнообразие снижается. Так, в реках Парень, Гижига и Наяхан нет представителей рода *Coregonus* и озёрного голяня. Кроме того, в р. Гижига отсутствует валёк, а в р. Наяхан нет обыкновенной щуки и камчатского хариуса (табл. 2) [Черешнев, 1990, 1996, 1998; Фёдоров и др., 2003; Коваль и др., 2015, 2018].

В центральной части рассматриваемого региона высоким разнообразием пресноводной ихтиофауны характеризуются водные объекты от р. Яма до р. Урак. Наибольшее количество пресноводных видов рыбообразных и рыб населяет р. Охота – 10 (табл. 2) [Черешнев, 1990, 1996, 1998; Сиделева,

Таблица 2. Состав пресноводной ихтиофауны и её распределение в водных объектах материкового побережья Охотского моря*

Table 2. Composition of freshwater ichthyofauna and its distribution in the water bodies of the Continental coast of the Sea of Okhotsk

№ п/п	Вид	Водные объекты																	Всего
		Пенжина	Парень	Гижига	Наяхан	Яма	Ола	Дукча, Магаданка	Глухая	Армань	Яна	Тауй	Мотыклейка	Иня	Ульбея	Куктуй	Охота	Урак	
1	<i>Acheilognathus asmuissii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	2
2	<i>Barbatula toni</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	8
3	<i>Brachymystax lenok</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	2
4	<i>Br. tumensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	4
5	<i>Carassius carassius</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	2
6	<i>C. gibelio</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	2
7	<i>Cobitis lutheri</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1
8	<i>Coregonus chadary</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	2
9	<i>C. nasus</i>	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
10	<i>C. peled</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
11	<i>C. subautumnalis</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
12	<i>Cottus kolymensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	17
13	<i>C. szanaga</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	2
14	<i>Esox lucius</i>	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	7
15	<i>E. reichertii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	2
16	<i>Gobio cynocephalus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	2
17	<i>Hucho taimen</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	2
18	<i>Lethenteron reissneri</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	21
19	<i>Lota lota</i>	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	8
20	<i>Mesocottus haitej</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	2
22	<i>Misgurnus mohoity</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
21	<i>M. nikolskyi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	2

Окончание табл. 2

№ п/п	Вид	Водные объекты																			Всего		
		Пенжина	Парень	Гижига	Наяхан	Яма	Ола	Дукча, Магаданка	Глухая	Армань	Яна	Тауй	Мотыклейка	Иня	Ульбея	Кухтуй	Охотá	Урак	Уда	Тугур		Шантарские о-ва зал. Сахалинский	
23	<i>Perca fluviatilis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	1
24	<i>Perccottus glenii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	4
25	<i>Ph. phoxinus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	20
26	<i>Prosopium cylindraceum</i>	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	5
27	<i>Pungitius sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	2
28	<i>P. tymensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	3
29	<i>Rhodeus sericeus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1
30	<i>Rhynchocypris czekanowskii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	3
31	<i>Rh. lagowskii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	2
32	<i>Rh. oxycephalus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	1
33	<i>Rh. percnurus</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	5
34	<i>Salvelinus neiva</i>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	2
35	<i>S. sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
36	<i>Thymallus baicalolenensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	1
37	<i>Th. flavomaculatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	2
38	<i>Th. mertensii</i>	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
39	<i>Th. pallasii</i>	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	8
40	<i>Th. tugarinae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	2
	Всего	10	7	6	5	5	6	3	4	4	4	5	3	6	6	6	10	7	23	25	7	10	

Примечание: * – районы с бедной ихтиофауной в таблице не представлены.

Гото, 2012]. На этом участке минимальное разнообразие туводной ихтиофауны характерно для рек Дукча и Магаданка, что, вероятно, связано с высоким антропогенным прессом, т. к. бассейны рек сильно урбанизированы.

На юге региона высокое разнообразие пресноводных рыбообразных и рыб наблюдается в реках от р. Мутэ до м. Меншикова. Наибольшее количество туводных видов не только в этом районе, но и в целом по региону, обитает в реках Уда и Тугур – 23 и 25 видов, соответственно (табл. 2) [Линдберг, Дулькейт, 1929; Розов, 1938; Васильева, 2001; Черешнев, 2002 б; Атлас ..., 2002; Шедько, Шедько, 2003; Алексеев и др., 2004; Bogutskaya et al., 2008; Антонов, Книжин, 2011; Новомодный, 2014; Савельев и др., 2017; Антонов и др., 2019; Ермолин и др., 2021].

Наиболее бедная пресноводная ихтиофауна, представленная, главным образом, ручьевой миногой, речным голяном и колымским подкаменщиком, характерна для двух участков побережья. Первый расположен между реками Наяхан и Яма, второй – между реками Урак и Мутэ.

Таким образом, по распространению пресноводных видов рыбообразных и рыб материковое побережье Охотского моря подразделено на 5 районов (рис. 2):

- северный – от бассейна р. Пенжина до р. Наяхан (включительно);
- северо-западный – между бассейнами рек Наяхан и Яма;
- центральный – от бассейна р. Яма до р. Урак (включительно);
- юго-западный – между реками Урак и Мутэ;
- южный – от бассейна р. Мутэ до м. Меншикова (включительно), в том числе водные объекты Шантарских о-вов.

Юго-западный район, по-видимому, является переходным между высоко- и низкореальной зонами на материке. В морских водах граница между этими биогеографическими зонами проходит по условной линии от м. Терпения (о. Сахалин) до пролива Екатерины (южнее о. Итуруп) [Briggs, 1974, 1995].

В северном, северо-западном, центральном и юго-западном районах материкового побережья Охотского моря пресноводные рыбообразные и рыбы

являются сильно обеднённой производной ихтиофауны Чукотки и Восточной Сибири, а южного района – Амурского бассейна (рис. 2).

В отличие от туводных видов, анадромные рыбообразные и рыбы широко распространены в регионе. Для воспроизводства они используют все водные объекты, имеющие свободный сток в море. Их распространение и численность напрямую зависят от наличия условий для нереста производителей и нагула молоди.

Анадромные виды отрядов Миногообразные, Корюшкообразные и Окунеобразные проходят на нерест практически во все средние и крупные реки региона.

В отряде Лососеобразные наиболее широко распространены представители рода *Oncorhynchus*. Горбуша и кета для нереста проходят практически во все, а кижуч и нерка – во многие реки региона, имеющие сток в море. Чавыча и сима – редкие виды.

Из рода *Salvelinus* наибольшее распространение имеют северная мальма и кунджа. При этом, в южном

районе северную мальму замещает южная мальма, а кунджи нет в реках Гижигинской губы. Голец Леванидова известен только в северных районах материкового побережья Охотского моря – в северном, северо-западном и центральном, но в последнем районе он распространён на запад, по-видимому, не дальше Тауйской губы [Черешнев, 1990; Фёдоров и др., 2003; Поспехов и др., 2013].

Для микижи характерно мозаичное распространение. Первые упоминания о ней содержатся в работе Н.В. Слюнина [1900]. Описывая хозяйственную деятельность коренных народов, он сообщал, что аянские тунгусы готовили балыки, главным образом, из микижи (т. 1, с. 565). Это позволяет предположить, что в южном районе Охотского моря, где сейчас микижа представлена только жилой формой [Алексеев, Свириденко, 1985; Фёдоров и др., 2003; Алексеев и др., 2004; Bogutskaya et al., 2008; Груздева и др., 2015; Ермолин и др., 2021], в относительно недавнем историческом прошлом обитала и проходная форма вида.

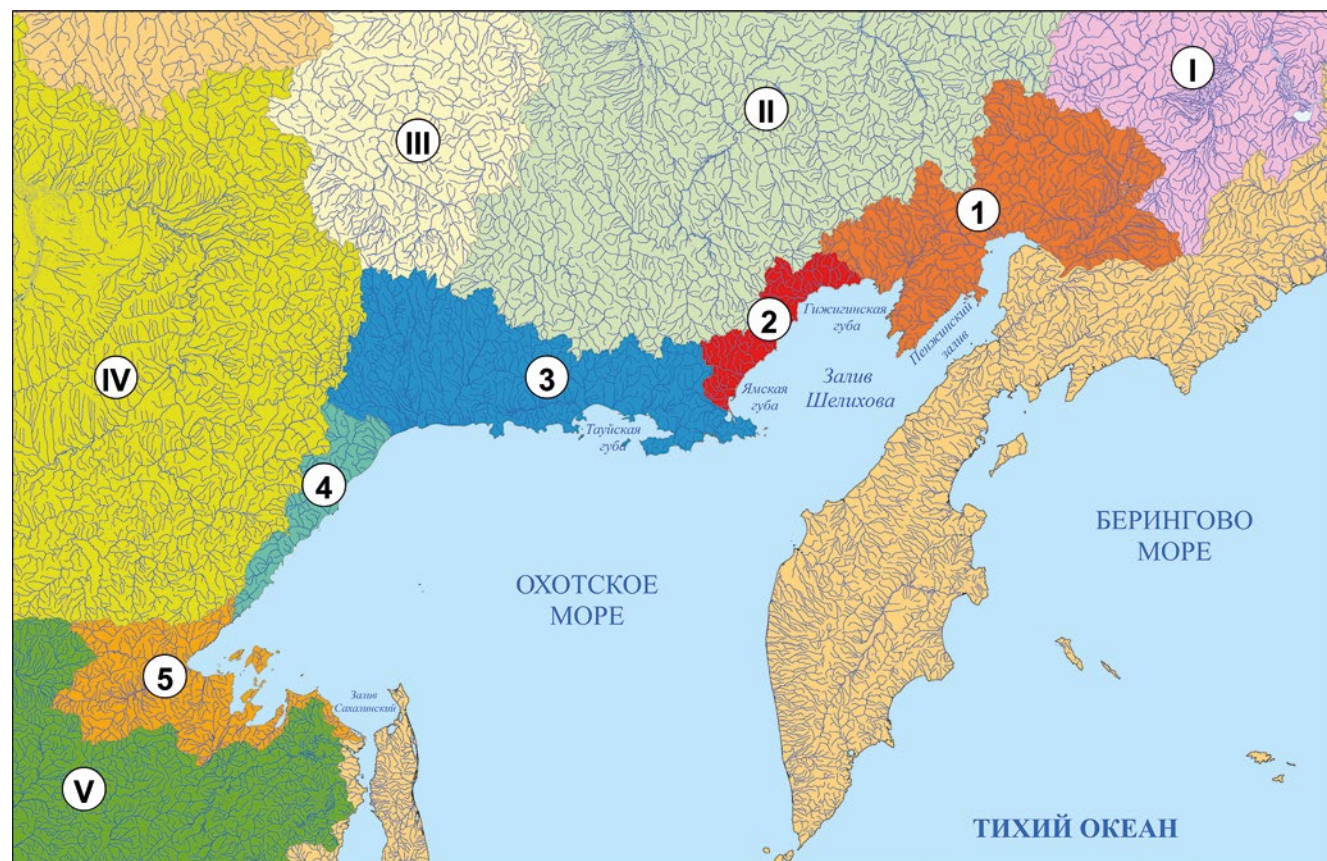


Рис. 2. Районирование материкового побережья Охотского моря по разнообразию в реках пресноводных видов рыбообразных и рыб: 1 – северный, 2 – северо-западный, 3 – центральный, 4 – юго-западный, 5 – южный. Сопредельные речные бассейны: I – р. Анадырь, II – р. Колыма, III – р. Индигирка, IV – р. Лена, V – р. Амур

Fig. 2. Zonation of the Continental coast of the Sea of Okhotsk according to diversity of fresh water fish-like vertebrates and fishes: 1 – northern, 2 – northwestern, 3 – central, 4 – southwestern, 5 – southern. Adjacent river basins: I – Anadyr, II – Kolyma, III – Indigirka, IV – Lena, V – Amur

Среди проходных рыб наименьшее распространение имеет отряд Карпообразные. Его представитель известен только из южного района [Линдберг, Дюлькейт, 1929; Розов, 1938; Гриценко, 1974; Sakai, 1995; Алексеев и др., 2004; Шедько, 2005].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В пресных водных объектах материкового побережья Охотского моря обитают 63 вида рыбообразных и рыб, которые отнесены к 2 надклассам, 2 классам, 9 отрядам, 18 семействам и 30 родам.

Туводная ихтиофауна включает 40 видов из 23 родов, 16 семейств и 7 отрядов. Среди них преобладают виды лососево-карпового комплекса евроазиатского происхождения с бореальным типом ареала. Распределение пресноводных рыбообразных и рыб позволяет разделить материковое побережье Охотского моря на 5 районов: северный, северо-западный, центральный, юго-западный, южный. В первых четырёх районах рыбное население представляет собой сильно обеднённую ихтиофауну Чукотки и Восточной Сибири, а южного района – Амурского бассейна.

Полупроходные рыбы представлены лососевым комплексом. Это 2 вида (1 род, 1 семейство и 1 отряд) с арктическим типом ареала: сиг-востряк обитает только в Евразии, сибирская (европейская?) ряпушка – и в Евразии, и в Северной Америке.

Проходные рыбообразные и рыбы представлены 21 видом из 10 родов, 6 семейств и 6 отрядов. Доминируют виды лососево-окунёво-корюшкового комплекса, обитающие одновременно в Евразии и в Северной Америке, ареалы которых относятся к арктическо-бореальному и бореальному типам.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена по личной инициативе, без дополнительного финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев С.С., Свириденко М.А. 1985. Микижа *Salmo mykiss* Walbaum (Salmonidae) Шантарских островов // Вопросы ихтиологии. Т. 25. № 1. С. 68–73.
- Алексеев С.С., Груздева М.А., Скопец М.Б. 2004. Ихтиофауна Шантарских островов // Вопросы ихтиологии. Т. 44. № 1. С. 42–58.
- Антонов А.Л. 2012. Разнообразие рыб и структура ихтиоценозов горных водосборов бассейна Амура // Вопросы ихтиологии. Т. 52. № 2. С. 184–184. DOI: 10.1134/S0032945212020014.
- Антонов А.Л., Книжин И.Б. 2009. Ихтиофауна бассейна верхнего течения р. Мая (Юго-Западное Приохотье) // Тез. докл. Всерос. науч. конф. «Чтения памяти академика К.В. Симакова». Магадан: СВНЦ ДВО РАН. С. 153–154.
- Антонов А.Л., Книжин И.Б. 2011. Распространение, особенности экологии и возможные пути формирования ареалов хариусовых рыб (Thymallidae) в бассейне Амура // Вестник СВНЦ ДВО РАН. № 1. С. 41–48.
- Антонов А.Л., Барабанщиков Е.И., Золотухин С.Ф., Михеев И.Е., Шаповалов М.Е. 2019. Рыбы Амура. Владивосток: Всемирный фонд дикой природы (WWF). 318 с.
- Атлас пресноводных рыб России в 2 т. 2002. Под ред. Ю.С. Решетникова. М.: Наука. Т. 1. 379 с. Т. 2. 253 с.
- Берг Л.С. 1932. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. Часть 1. Л.: ВНИОРХ. 543 с.
- Берг Л.С. 1949. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. М. – Л.: Изд-во АН СССР. Ч. 3. С. 929–1382.
- Богущая Н.Г., Насека А.М. 2004. Каталог бесчелюстных и рыб пресных и солоноватых вод России с номенклатурными и таксономическими комментариями. М.: Т-во науч. изд. КМК. 389 с.
- Василенко Ю.П., Горбаренко С.А., Цзоу Ц. 2011. Ледяной покров Охотского моря в позднелайстоценовом оледенении и голоцене // Вестник ДВО РАН. № 2. С. 70–77.
- Васильева Е.Д. 2001. Вьюны (род *Misgurnus*, Cobitidae) азиатской части России. I. Видовой состав рода в водах России (с описанием нового вида) и некоторые номенклатурные и таксономические проблемы близких форм с территорий сопредельных стран // Вопросы ихтиологии. Т. 41. № 5. С. 581–592.
- Волобуев В.В. 1976. Систематика и экология нейвы *Salvelinus leiva* Taranetz оз. Уегинского (бассейн р. Охота) // Вопросы ихтиологии. Т. 16. Вып. 6. С. 989–999.
- Волобуев В.В. 1977. О карликовой форме нейвы *Salvelinus leiva* (Salmoniformes, Salmonidae) из озера Корраль (бассейн реки Охоты) // Зоологический журнал Т. 56. Вып. 3. С. 405–411.
- Галанин А.А., Глушкова О.Ю., Смирнов В.Н. 2006. Позднечетвертичная история развития рельефа, климата и растительности // Ландшафты, климат и природные ресурсы Тауйской губы Охотского моря. Владивосток: Дальнаука. С. 81–74.
- Глубоковский М.К. 1995. Эволюционная биология лососевых рыб. М.: Наука. 341 с.
- Гриценко О.Ф. 1974. Систематика дальневосточной краснопёрки рода *Tribolodon* Sowage, 1883 *Leucisculus brandtii* (Dybowski) (Cyprinidae) // Вопросы ихтиологии. Т. 14. Вып. 5. С. 782–795.
- Гросвальд М.Г. 2009. Оледенение Русского Севера и Северо-Востока в эпоху последнего великого похолодания. Материалы гляциологических исследований. М.: Наука. 152 с.
- Груздева М.А., Пичугин М.Ю., Кузищин К.В., Павлов С.Д., Мельникова М.Н. 2015. Микижа *Parasalmo mykiss* (Walbaum, 1792) (Salmoniformes: Salmonidae) Шантарских остро-

- вов: структура популяций, фенетическое и генетическое разнообразие // Биология моря. Т. 41. № 6. С. 403–417.
- Ермолин А.Б., Кульбачный С.Е., Колпаков Н.В. 2021. К вопросу о фауне и флоре Тугуро-Чумиканского района Хабаровского края // Регионы нового освоения: современное состояние природных комплексов и их охрана. Мат. Межд. науч. конф. 5–7 октября 2021 г., Хабаровск. Хабаровск: ИВЭПДВО РАН. С. 34–38.
- Есин Е.В., Маркевич Г.Н. 2017. Гольцы рода *Salvelinus* азиатской части Северной Пацифики: происхождение, эволюция и современное разнообразие. Петропавловск-Камчатский: Камчатпрес. 188 с.
- Клоков В.К. 1970. К вопросу о динамике численности нерестовых стад лососей на Северном побережье Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 71. С. 169–177.
- Коваль М.В., Есин Е.В., Бугаев А.В., Карась В.А., Горин С.Л., Шатило И.В., Погодаев Е.Г., Шубкин С.В., Заварина Л.О., Фролов О.В., Жаравин М.В., Коптев С.В. 2015. Пресноводная ихтиофауна рек Пенжина и Таловка (северо-западная Камчатка) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 37. С. 53–145.
- Коваль М.В., Есин Е.В., Горин С.Л., Галямов Р.С., Кошель В.Е. 2018. Видовое разнообразие, распространение и расселение рыб в реках бассейна Пенжинской губы // Вопросы ихтиологии. Т. 58. Вып. 6. С. 648–658. DOI: 10.1134/S0042875218050132.
- Красная книга Магаданской области. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов. 2019. Магадан: Охотник. 356 с.
- Крыхтин М.Л. 1962. Материалы о речном периоде жизни сима // Известия ТИНРО. Т. 48. С. 81–132.
- Кульбачный С.Е., Кульбачная А.В. 2018. Некоторые особенности биологии сибирского тайменя *Hucho taimen* (Salmonidae) из бассейна реки Тугур (Хабаровский край) // Вопросы ихтиологии. Т. 58. № 5. С. 629–632. DOI: 10.1134/S0042875218050144.
- Линдберг Г.У. 1972. Крупные колебания уровня океана в четвертичный период. Биогеографические обоснования гипотезы. Л.: Наука. 548 с.
- Линдберг Г.У., Дулькейт Г.Д. 1929. Материалы по рыбам Шантарского моря // Известия ТОНС. Т. 3. Вып. 1. 138 с.
- Новомодный Г.В. 2014. Рыбы Амура у Хабаровска. Воронеж: Лайт. 92 с.
- Парин Н.В., Евсеенко С.А., Васильева Е.Д. 2014. Рыбы морей России: аннотированный каталог М.: Тов-во науч. изд. КМК. 733 с.
- Поспехов В.В., Атрашкевич Г.И., Орловская О.М. 2013. Гельминты и паразитические ракообразные проходных гольцов (Salmonidae: *Salvelinus*) Северного Охотоморья // Известия ТИНРО. Т. 174. С. 208–235.
- Радченко О.А. 2004. Изменчивость нуклеотидных последовательностей гена цитохрома b митохондриальной ДНК гольцов рода *Salvelinus* // Генетика. Т. 40. № 3. С. 322–333.
- Решетников А.Н. 2009. Современный ареал ротана *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Odontobutidae, Pisces) в Евразии // Российский журнал биологических инвазий. Т. 2. № 1. С. 22–35.
- Розов В.Е. 1938. О фауне и флоре Тугуро-Чумиканского района // Вестн. ДВО АН СССР. Т. 32. № 5. С. 127–138.
- Савельев П.А., Золотухин С.Ф., Канзепарова А.Н. 2017. О нахождении амурской широколобки *Mesocottus haitei* и амурского подкаменщика *Cottus szanaga* (Cottidae) в бассейне реки Тугур (Хабаровский край) // Вопросы ихтиологии. Т. 57. № 4. С. 481–484. DOI: 10.7868/S0042875217040142.
- Свиточ А.А. 2004. Геология морского плейстоцена побережий России // Океанология. Т. 44. № 6. С. 928–939.
- Север Дальнего Востока. 1970. М.: Наука. 488 с.
- Сиделева В.Г., Гото А. 2012. Новый вид подкаменщика *Cottus kolymensis* sp. nova (Scorpaeniformes: Cottidae) из рек Колымского края // Вопросы ихтиологии. Т. 52. № 3. С. 288–294. DOI: 10.1134/S0032945212020130.
- Слюнин Н.В. 1900. Охотско-Камчатский край: Естественно-историческое описание. Т. 1. СПб.: Изд. М-ва фин. Типография А.С. Суворина. 689 с.
- Таранец А.Я. 1933. О некоторых рыбах из Дальневосточного края // ДАН СССР. Сер. А. № 2. С. 83–85.
- Фёдоров В.В., Черешнев И.А., Назаркин М.В., Шестаков А.В., Волобуев В.В. 2003. Каталог морских и пресноводных рыб северной части Охотского моря. Владивосток: Дальнаука. 204 с.
- Чеботарев А.И. 1975. Общая гидрология (воды суши): учебное пособие / 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Гидрометеоздат. 544 с.
- Черешнев И.А. 1982. Подкаменщик рода *Cottus* (Cottidae) из бассейна реки Чаун (арктическая Чукотка) // Вопросы ихтиологии. Т. 22. № 1. С. 15–26.
- Черешнев И.А. 1990. Состав ихтиофауны и особенности распространения пресноводных рыб в водоёмах Северо-Востока СССР // Вопросы ихтиологии. Т. 30. Вып. 5. С. 836–844.
- Черешнев И.А. 1996. Биологическое разнообразие пресноводной ихтиофауны Северо-Востока России. Владивосток: Дальнаука. 197 с.
- Черешнев И.А. 1998. Биогеография пресноводных рыб Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука. 131 с.
- Черешнев И.А. 2002 а. Первая находка амурской девятииглой колюшки *Pungitius sinensis* (Gasterosteidae) на материковом побережье Охотского моря // Вопросы ихтиологии. Т. 42. № 1. С. 133–135.
- Черешнев И.А. 2002 б. О первой находке сахалинской девятииглой колюшки *Pungitius tymensis* (Gasterosteidae) на материковом побережье Охотского моря // Вопросы ихтиологии. Т. 42. № 5. С. 704–707.
- Черешнев И.А., Скопец М.Б., Гудков П.К. 1989. Новый вид гольца *Salvelinus levanidovi* sp.n. из бассейна Охотского моря // Вопросы ихтиологии. Т. 29. Вып. 5. С. 691–704.
- Черешнев И.Л., Шестаков А.В., Скопец М.Б. 2001. Определитель пресноводных рыб Северо-Востока России. Владивосток: Дальнаука. 129 с.
- Черешнев И.А., Волобуев В.В., Шестаков А.В., Фролов С.В. 2002. Лососевидные рыбы Северо-Востока России. Владивосток: Дальнаука. 496 с.
- Шедько С.В. 2005. О таксономическом статусе *Leuciscus sachalinensis* Nikolsky, 1889 (Cypriniformes, Cyprinidae) // Вопросы ихтиологии. Т. 45. № 4. С. 475–481.

- Шедько С.В., Шедько М.Б. 2003. Новые данные по пресноводной ихтиофауне юга Дальнего Востока России // Чтения памяти В.Я. Леванидова. № 2. С. 319–336.
- Шмидт П.Ю. 1950. Рыбы Охотского моря. М. – Л.: Изд-во АН СССР. 370 с.
- Юсупов Р.Р., Котляров А.И., Чебыкин С.И., Болотин И.А., Енькова Р.Р., Агапов А.С., Григоров В.Г., Романовский С.В., Жарников С.В., Моргунов Е.В. 2004. Предварительные результаты вселения сиговых рыб в водоёмы североохотоморского побережья Магаданской области // Состояние рыбохозяйственных исследований в бассейне северной части Охотского моря. Магадан: МагаданНИРО. С. 390–399.
- Bogutskaya N.G., Naseka A.M., Shedko S.V., Vasil'eva E.D., Cheresnev I.A. 2008. The fishes of the Amur River: updated checklist and zoogeography // Ichthyol. Explor. Freshwaters. V. 19. № 4. P. 301–366.
- Borovikova E.A., Artamonova V.S. 2021. Vendace (*Coregonus albus*) and least cisco (*Coregonus sardinella*) are a single species: evidence from revised data on mitochondrial and nuclear DNA polymorphism // Hydrobiologia. V. 848. № 18. P. 4241–4262. DOI: 10.1007/s10750-021-04635-5.
- Dyldin Y.V., Hanel L., Romanov V.I., Plesnik J. 2017. A review of the genus *Thymallus* (Pisces: Salmoniformes, Salmonidae, Thymallinae) with taxonomic notes // Bulletin Lampetra. V. 8. P. 103–126.
- Fricke R., Eschmeyer W.N., Van der Laan R. 2021. Eschmeyer's catalog of fishes: genera, species, references. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). 06.10.2021.
- Sakai H. 1995. Life-histories and genetic divergence in three species of *Tribolodon* (Cyprinidae) // Memoirs of the Faculty of Fisheries Hokkaido University. V. 42. № 1–2. P. 1–98.
- REFERENCES**
- Alekseev S.S., Sviridenko M.A. 1985. Rainbow trout *Salmo mykiss* Walbaum (Salmonidae) of the Shantar Islands // Voprosy Ikhtiologii. V. 25. № 1. P. 68–73.
- Alekseev S.S., Gruzdeva M.A., Skopets M.B. 2004. Ichthyofauna of the Shantar Islands // Voprosy ichthyology. V. 44. № 1. P. 42–58.
- Antonov A.L. 2012. Diversity of fishes and structure of ichthyocenoses in mountain catchment areas of the Amur basin // J. of Ichthyology. V. 52. № 2. P. 149–159. DOI: 10.1134/S0032945212020014.
- Antonov A.L., Knizhin I.B. 2009. Ichthyofauna of the upper reaches of the Maya River (South-Western Okhotsk region) // Rep. absrt. All-Rus. Conf. «Acad. K.V. Simakov memory readings». Magadan: SVNC DVO RAN. P. 153–154.
- Antonov A.L., Knizhin I.B. 2011. Distribution, ecological patterns and possible ways of formation of ranges of graylings (Thymallidae) in the Amur basin // Bulletin of the SVNTs FEB RAS. № 1. P. 41–48.
- Antonov A.L., Barabanshikov E.I., Zolotukhin S.F., Mikheev I.E., Shapovalov M.E. 2019. Fishes of the Amur river. Vladivostok: World Wildlife Fund (WWF). 318 p.
- Atlas of freshwater fishes of Russia in 2 volumes. 2003. Ed. Yu.S. Reshetnikov. M.: Nauka. V. 1. 379 S. V. 2. 253 p.
- Berg L.S. 1932. Fresh water fishes of the USSR and adjacent countries. Part 1. L.: VNIORH. 543 p.
- Berg L.S. 1949. Fishes of the fresh waters of the USSR and adjacent countries. M. – L.: Publishing House of the AS USSR. Part 3. P. 929–1382.
- Bogdanov B.E., Sverdlova T.V., Knizhin I.B. 2013. Variability and taxonomic status of Siberian populations of mottled sculpin *Cottus poecilopus* complex (Scorpaeniformes: Cottidae) // Siberian Federal University. Biology. P. 18–31.
- Bogutskaya N.G., Naseka A.M. 2004. Catalog of jawless vertebrates and fishes of fresh and brackish waters of Russia with nomenclature and taxonomic comments. M.: T-in scientific. ed. KMK. 389 p.
- Vasilenko Yu.S., Gorbarenko S.A., Tszou Ts. 2011. Ice cover of the Sea of Okhotsk during Late Pleistocene Glaciation and Holocene // Bull. of the Far Eastern Branch of the RAS. № 2. P. 70–77.
- Vasil'eva E.D. 2011. Loaches of Russian Asia I. The species composition in waters of Russia (with a description of a new species) and some nomenclature and taxonomic problems of related forms from adjacent countries // J. Ichthyol. V. 41. № 8. P. 553–563.
- Volobuev V.V. 1976. Systematics and ecology of neiva *Salvelinus neiva* Taranetz of Ueginskoye Lake (the Okhota river basin) // Voprosy Ikhtiologii. V. 16. № 6. P. 989–999.
- Volobuev V.V. 1977. The dwarf form of neiva *Salvelinus neiva* (Salmoniformes, Salmonidae) from Korral' Lake (the Okhota River basin) // Russian Journal of Zool. V. 56. Is. 3. P. 405–411.
- Galanin A.A., Glushkova O. Yu., Smirnov V.N. 2006. Late Quaternary history of relief, climate and vegetation development // Landscapes, climate and natural resources of the Tauyskaya Bay of the Sea of Okhotsk. Vladivostok: Dalnauka. P. 81–74.
- Glubokovsky M.K. 1995. Evolutionary biology of salmonid fishes. M.: Nauka. 341 p.
- Gritsenko O.F. 1974. Taxonomy of Pacific redfins of the genus *Tribolodon* Sowiage 1883 *Leucisculus brandtii* (Dybowski) (Cyprinidae) // Voprosy Ikhtiologii. T. 14. Is. 5. P. 782–795.
- Grosvald M.G. 2009. Glaciation of the Russian North and North-East during the last great cooling epoch. Data of glaciological studies. M.: Nauka. 152 p.
- Gruzdeva M.A., Pichugin M.Y., Kuzishchin K.V., Pavlov S.D., Melnikova M.N. 2015. *Parasalmo mykiss* (Walbaum, 1792) (Salmoniformes: Salmonidae) from the Shantar Islands: population structure, phenetic and genetic diversity // Russian J. of Marine Biology. V. 41(6). P. 432–447.
- Ermolin A.B., Kulbachny S.E., Kolpakov N.V. 2021. Revisiting fauna and flora of the Tuguro-Chumikanskiy region of the Khabarovsk Territory // Regions of recent development: current state of natural complexes and their protection: materials of the International Scientific Conference. October 5–7, 2021, Khabarovsk: conference proceedings. Khabarovsk: IVEPDVO RAN. P. 34–38.
- Esin E.V., Markevich G.N. 2017. Charrs of the genus *Salvelinus* of Asian part of the North Pacific: origin, evolution and current diversity. Kamchatpress, Petropavlovsk-Kamchatsky. 188 p.

- Klokov V.K. 1970. On the issue of dynamics of salmon stocks on the Northern coast of the Sea of Okhotsk // Izvestiya TINRO. V. 71. P. 169–177.
- Koval M.V., Esin E.V., Bugaev A.V., Karas V.A., Gorin S.L., Shatilo I.V., Pogodaev E.G., Shubkin S.V., Zavarina L.O., Frolov O.V., Zharavin M.V., Koptev S.V. 2015. Freshwater ichthyofauna of the Penzhina and Talovka rivers (Northwestern Kamchatka) // Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchat. Sev-Zap. Chasti Tikhogo Okeana. V. 37. P. 53–145.
- Koval M.V., Esin E.V., Gorin S.L., Galyamov R.S., Koshel V.E. 2018. Fish species diversity, distribution, and dispersal in the Rivers of the Penzhina Bay Catchment Area // J. of Ichthyology. V. 58(6). P. 795–807. DOI: 10.1134/S0042875218050132
- Red Data Book of the Magadan Region. Rare and endangered species of animals, plants and fungi. 2019. Magadan: Okhotnik. 356 p.
- Krykhtin M.L. 1962. Data on the riverine period of life of cherry salmon // Izvestiya TINRO. V. 48. P. 81–132.
- Kul'bachnyi S.E., Kul'bachnaya A.V. 2018. Some features of biology of the Siberian taimen *Hucho taimen* (Salmonidae) from the Tugur River basin // J. of Ichthyology. V. 58. № 5. P. 765–768. DOI: 10.1134/S0032945218050120.
- Lindberg G.U. 1972. Large fluctuations in ocean level during the Quaternary. Biogeographic substantiation of the hypothesis. L.: Nauka. 548 s.
- Lindbergh G.W., Dulkeit G.D. 1929. Data on the fishes of the Shantar Sea // Izvestiya TONS. V. 3. Issue. 1. 138 p.
- Novomodniy G.V. 2014. Fishes of Amur in the locality of Khabarovsk. Voronezh: Layt. 92 p.
- Parin N.V., Evseenko S.A., Vasilyeva E.D. 2014. Fishes of Russian Seas: Annotated Catalogue. Moscow: KMK Scientific Press. 733 p.
- Pospelkov V.V., Atrashkevich G.I., Orlovskaya O.M. 2013. Helminths and parasitic crustaceans of anadromous charrs (Salmonidae: *Salvelinus*) of the Northern coast of the Sea of Okhotsk // Izvestiya TINRO. V. 174. P. 208–233.
- Radchenko O.A. 2004. Variability of nucleotide sequences of mitochondrial DNA cytochrome b gene in charrs of the genus *Salvelinus* // Russian J. of Genetics. V. 40(3). P. 244–254.
- Reshetnikov A.N. 2009. The current range of Amur sleeper *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Odontobutidae, Pisces) in Eurasia // Russian J. of Biological Invasions. V. 2. № 1. P. 22–35.
- Rozov V.E. 1938. Fauna and flora of Tuguro-Chumikanskiy region // Vestn. Dal'nevost. Otd., Akad. Nauk SSSR. V. 32(5). P. 127–138.
- Saveliev S.A., Zolotukhin S.F., Kanzeperova A.N. 2017. Finding of Amur sculpin *Mesocottus haitej* and *Cottus szanaga* (Cottidae) in Tugur River basin (Khabarovsk krai, Russia) // J. of Ichthyology. V. 57(4). P. 639–642. DOI: 10.1134/S0032945217040130
- Svitoch A.A. 2004. Marine Pleistocene geology of the coasts of Russia // Oceanology. V. 44. № 6. S. 872–883.
- The North of the Far East. 1970. M.: Nauka. 488 p.
- Sideleva V.G., Goto A. 2012. A new species of sculpin *Cottus kolymensis* sp. nova (Scorpaeniformes, Cottidae) from Rivers of Kolyma // J. of Ichthyology. V. 52. № 5. P. 301–307. DOI: 10.1134/S0032945217040130.
- Slyunin N.V. 1900. Okhotsk-Kamchatka Territory: Natural and historical description. V. 1. St. Petersburg: Izd. M-va fin. A.S. Suvorin's Printing house. 689 p.
- Taranets A. Ya. 1933. About some new fishes from the Far Eastern area // DAN USSR. Ser. A. № 2. P. 83–85.
- Fedorov V.V., Chereshev I.A., Nazarkin M.V., Shestakov A.V., Volobuev V.V. 2003. Catalog of marine and freshwater fishes of the Northern part of the Sea of Okhotsk. Vladivostok: Dalnauka. 204 p.
- Chebotarev A.I. 1975. General hydrology (inland waters): textbook. 2nd ed., revised and supplemented. L.: Gidrometeoizdat. 544 p.
- Chereshev I.A. 1982. Sculpins of the genus *Cottus* (Cottidae) from the Chaun River Basin on the Arctic Chukchee Peninsula // Voprosy Ikhtiologii. V. 22. P. 15–26.
- Chereshev I.A. 1990. Composition of ichthyofauna and patterns of distribution of freshwater fishes in water bodies of the North-East of the USSR // Voprosy Ikhtiologii V. 30. № 5. P. 836–844.
- Chereshev I.A. 1996. Biological diversity of freshwater ichthyofauna of the North-East of Russia. Vladivostok: Dalnauka. 197 p.
- Chereshev I.A. 1998. Biogeography of freshwater fishes of the Russian Far East. Vladivostok: Dalnauka. 131 p.
- Chereshev I.A. 2002 a. The first occurrence of the Amur Stickleback *Pungitius sinensis* (Gasterosteidae) on the Continental Coast of the Sea of Okhotsk // Voprosy Ikhtiologii. V. 42. № 1. P. 128–130.
- Chereshev I.A. 2002 b. The first occurrence of short-spined stickleback *Pungitius tymensis* (Gasterosteidae) in the continental coast of the Sea of Okhotsk // Voprosy Ikhtiologii. V. 42. № 8. P. 678–680.
- Chereshev I.A., Skopetz M.B., Gudkov S.K. 1989. New species of char, *Salvelinus levanidovi* sp.n. from the Sea of Okhotsk basin // Voprosy Ikhtiologii. V. 29. P. 691–704.
- Chereshev I.L., Shestakov A.V., Skopets M.B. 2001. Key to freshwater fishes of the North-East of Russia. Vladivostok: Dalnauka. 129 p.
- Chereshev I.A., Volobuev V.V., Shestakov A.V., Frolov S.V. 2002. Salmonoid fishes of the North-East of Russia. Vladivostok: Dalnauka. 496 p.
- Shedko S.V., Shedko M.B. 2003. New data on freshwater fish fauna of the South of the Far East of Russia // V. Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings. Dal'nauka, V. 2. P. 319–336.
- Shedko S.V. 2005. On the taxonomic status of *Leuciscus sachalinensis* Nikolsky, 1889 (Cypriniformes, Cyprinidae) // J. of Ichthyology. V. 45. № 7. P. 496–502.
- Schmidt S. Yu. 1950. Fishes of the Sea of Okhotsk. M. – L.: Publishing House of AS USSR. 370 s.
- Yusupov R.R., Kotlyarov A.I., Chebykin S.I., Bolotin I.A., Enkova R.R., Agapov A.S., Grigorov V.G., Romnovsky S.V., Zharnikov S.V., Morgun E.V. 2004. Preliminary results of whitefishes introduction into coastal water bodies of the northern Sea of Okhotsk of the Magadan Region // Current status of fisheries research in the basin of the Northern

- part of the Sea of Okhotsk. Magadan: MagadanNIRO. P. 390–399.
- Bogutskaya N.G., Naseka A.M., Shedko S.V., Vasil'eva E.D., Chereshnev I.A. 2008. The fishes of the Amur River: updated checklist and zoogeography // Ichthyol. Explor. Freshwaters. V. 19. № 4. P. 301–366.
- Borovikova E.A., Artamonova V.S. 2021. Vendace (*Coregonus albula*) and least cisco (*Coregonus sardinella*) are a single species: evidence from revised data on mitochondrial and nuclear DNA polymorphism // Hydrobiologia. V. 848. № 18. P. 4241–4262. DOI: 10.1007/s10750-021-04635-5.
- Dyldin Y.V., Hanel L., Romanov V.I., Plesnik J. 2017. A review of the genus *Thymallus* (Pisces: Salmoniformes, Salmonidae, Thymallinae) with taxonomic notes // Bulletin Lampetra. V. 8. P. 103–126.
- Fricke R., Eschmeyer W.N., Van der Laan R. 2021. Eschmeyer's catalog of fishes: genera, species, references. (<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>). 06.10.2021.
- Sakai H. 1995. Life-histories and genetic divergence in three species of *Tribolodon* (Cyprinidae) // Memoirs of the Faculty of Fisheries Hokkaido University. V. 42. № 1–2. P. 1–98.

Поступила в редакцию 05.03.2022 г.
Принята после рецензии 15.04.2022 г.



Промысловые виды и их биология

Нерка острова Итуруп. 1. Новые данные о состоянии популяций в озёрах Сопочное и Красивое

А.Н. Ельников¹, О.В. Зеленников²

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

² Санкт-Петербургский государственный университет (ФГБОУ ВО «СПбГУ»), Университетская наб., 7/9, Санкт-Петербург, 199034

Целью работы является представление первых данных по размерно-возрастной характеристике молоди и производителей нерки в оз. Сопочное в сравнении с данными, характеризующими молодь и производителей нерки в оз. Красивое.

Материалом исследования послужили сборы молоди и производителей нерки из оз. Сопочное и Красивое, полученные в ходе разных исследований в период с 1995 по 2020 гг.

Используемые методы: сравнительный анализ данных, методы описательной статистики.

Результаты: установили, что большая часть молоди нерки из обоих озёр мигрировала в море в возрасте 1+, а большая часть производителей принадлежала к двум возрастным группам — 1.2+ и 1.3+. Доля рыб этих групп составила 80,0% в оз. Красивое и 89,7% — в оз. Сопочное. Ещё три возрастные группы — 1.4+, 2.2+ и 2.3+ были представлены символически. При этом в популяции оз. Красивое 85,0% всех особей как самцов, так и самок провели в море только два года. Доля таких рыб в оз. Сопочное тоже была значительной — 35,9%, но большая часть производителей провела в море на год дольше. Масса самок и самцов в первом из озёр в среднем составила 2,01 и 2,18 кг, а во втором 1,76 и 2,11 кг, соответственно.

Практическая значимость: поскольку практически вся нерка из оз. Красивое и Сопочное мигрирует в прибрежье в возрасте 1+, а в море за редким исключением (как самки, так и самцы) проводит только 2–3 года, её можно характеризовать как сравнительно скороспелую. Этот факт значительно повышает привлекательность нерки острова Итуруп в качестве потенциального объекта для искусственного воспроизводства.

Ключевые слова: нерка *Oncorhynchus nerka*, Сахалинская область, Итуруп, оз. Сопочное, оз. Красивое.

Sockeye salmon of Itupup island.

1. New status data populations in lakes Sopochnoe and Krasivoe

Andrej N. Elnikov¹, Oleg V. Zelennikov²

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

² St-Petersburg State University («PSbSU»), 7/9, Universitetskaya embankment, St-Petersburg, 199034, Russia

The aim of the work is to present the first data on the size and age characteristics of juveniles and adults of sockeye salmon in the lake Sopochnoye in comparison with the data characterizing the juveniles and adults of sockeye salmon in the lake Krasivoye.

The material of the study was the collection of juveniles and adults of sockeye salmon from lakes Sopochnoye and Krasivoye, obtained in the course of various studies in the period from 1995 to 2020.

Methods used: comparative data analysis, descriptive statistics methods.

Results. It was established that most of the juvenile sockeye salmon from both lakes migrated to the sea at the age of 1+, and most of the adults belonged to two age groups — 1.2+ and 1.3+. The share of fish of these groups was 80.0% in the lake Krasivoye and 89.7% — in the lake Sopochnoe. Three more age groups — 1.4+, 2.2+ and 2.3+ were represented symbolically. At the same time, in the population of lake Krasivoye 85.0% of all individuals, both males and females, spent only two years at sea. The proportion of such fish in the lake Sopochnoe was also significant — 35.9%, but most of the producers spent a year longer at sea. The mass of females and males in the first of the lakes averaged 2.01 and 2.18 kg, and in the second 1.76 and 2.11, respectively.

Practical significance. Since almost all sockeye salmon from the lake Krasivoye and Sopochnoye migrates to the coast at the age of 1+, and with rare exceptions (both females and males) spends only 2–3 years in the sea, it can be characterized as relatively early maturing. This fact significantly increases the attractiveness of Iturup Island sockeye salmon as a potential object for artificial reproduction.

Keywords: sockeye salmon *Oncorhynchus nerka*, Sakhalin region, Iturup, lake Sopochnoye, lake Krasivoe.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время промысел лососевых рыб на острове Итуруп практически исключительно базируется на эксплуатации двух видов тихоокеанских лососей — горбуши, для которой этот регион является одной из зон экологического оптимума [Глубоковский, 1995], и кеты, для которой здесь создано крупное заводское стадо [Klovach et al., 2021]. Остальные виды лососевых рыб не воспроизводят, фактически, не ловят и изучают фрагментарно либо как часть общих сводок по ихтиофауне [Шедько, 2002], либо попутно, при исследовании горбуши и кеты. Нерка *Oncorhynchus nerka* (Walbaum, 1792) на оз. Итуруп является третьим по численности видом из рода тихоокеанских лососей. Естественное воспроизводство нерки осуществляется не только в озёрах острова, таких как Славное, Сопочное, Красивое, но и в ряде рек, например, Куйбышевке или Курилке. К настоящему времени в литературе есть данные только по нерке оз. Красивое [Иванков, 1968, 1984; Рыбы ..., 2012], а для других популяций в литературе нет даже самых основных сведений, например, таких как размерно-возрастная характеристика молоди и производителей или величина абсолютной плодовитости. Таких данных нет и для нерки оз. Сопочное. А ведь именно в популяции этого озера был описан подвид жилой нерки, особи которого отличаются хищным питанием и крупными размерами [Иванков, 1984]. Наши сведения, касающиеся молоди и производителей нерки двух самых крупных популяций в оз. Сопочное и Красивое, также были получены в ходе исследований, главным образом, кеты в период с 2008 по 2020 гг. Постепенное накопление этих данных позволило выявить и их новизну. С учётом этого обстоятельства цель нашей работы — представить первые результаты по размерно-возрастной характеристике молоди и производителей нерки в оз. Сопочное в сравнении с данными, характеризующими молодь и производителей нерки в оз. Красивое.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Оз. Сопочное лагунного происхождения имеет подковообразную форму, вытянутую с юго-запада на северо-восток, его длина составляет 3 км, средняя ширина — 800 м, площадь водного зеркала — 1,3 км², средняя и наибольшая глубины — 9 и 21,5 м. Озеро расположено в северной части о. Итуруп в котловине с высотой стенок 50–100 м, от Охотского побережья (бухта Торная) отделено протокой, имеющей длину 200 м. В озеро впадают четыре ручья; общая площадь водосбора составляет 35,0 км².

Оз. Красивое, расположенное в южной части о. Итуруп, имеет кальдерное происхождение и округлую

форму с размерами 2,9 на 2,4 км. Площадь водного зеркала озера составляет 5,7 км², средняя и максимальная глубины — соответственно 26 и 49 м. Озеро соединено с побережьем Тихого океана рекой Урумбет протяжённостью около 5 км.

Молодь нерки отлавливали в оз. Сопочное в октябре 2008 г., в июне-июле 2009 г. и в июле 2010 г.; производителей — в оз. Сопочное в июле 2016 г., в оз. Красивое в 2020 г. Для анализа данных из отчётных материалов ВНИРО были привлечены ранее неопубликованные сведения об отлове молоди нерки в реке Урумбет в июне-июле 1995 г. в ходе её миграции из оз. Красивое в море. Молодь нерки отлавливали при помощи малькового невода, производителей — при помощи ставных сетей.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В оз. Сопочное молодь нерки в возрасте 0+ впервые отловили в октябре 2008 г. Её масса варьировала от 2,10 до 5,56 г при сравнительно равном соотношении в выборке самцов и самок (табл. 1). В июле 2009 и 2010 гг. молодь отлавливали на 10 станциях, расположенные вдоль всей береговой полосы (рис. 1).



Рис. 1. Участки отлова молоди нерки в оз. Сопочное, красным цветом — в 2009, чёрным в 2010 г.

Fig. 1. The sites for catching young salmon in lake Sopochnoye, in red in 2009, in black in 2010

В 2009 г. основные скопления сеголеток присутствовали вблизи предполагаемых мест нереста нерки — под южным берегом вдающегося в озеро п-ова (в районе станций 3–4, до 250 экз. за замет) и, напротив, в районе впадения ручья Глубокий (до 100 экз. за

Таблица 1. Характеристика молоди нерки, выловленной в оз. Сопочное.

Над чертой — среднее значение показателя и его ошибка, под чертой — предел варьирования показателя, третья строка — коэффициент вариации, %

Table 1. Characteristics of juvenile sockeye salmon caught in Lake Sopochnoye.

Above the line — the average value of the indicator and its error, below the line — the limit of variation of the indicator, the third line — the coefficient of variation, %

Дата вылова	Воз- раст	Число рыб, экз.	Длина рыб АС, см	Длина рыб АД, см	Масса рыб, г	Масса порки рыб, г	Масса го- над, мг	Число са- мок, %
22.10. 2008	0+		7,46±0,12 6,40–8,32 7,58	6,93±0,12 5,77–7,72 8,25	4,10±0,20 2,10–5,56 22,70	3,30±0,17 1,70–4,41 23,22	—	52,4
			4,70±0,05 3,60–5,72 10,2	4,35±0,05 3,40–5,34 10,2	1,11±0,04 0,48–2,10 31,9	0,90±0,03 0,39–1,70 32,1		
28.06– 15.07 2009	0+	92	9,82±0,11 8,45–11,20 7,1	10,12±0,32 7,70–15,60 19,4	9,94±0,38 6,4–16,9 23,8	8,77±0,33 5,7–13,1 23,2	—	43,6
	1+	39	15,40±0,83 12,92–16,44 10,8	14,64±0,72 12,50–15,54 9,8	54,68±8,50 30,6–70,0 31,2	42,68±6,15 27,2–57,1 28,8		
	2+	4	18,60 17,60	97,8	73,8	98		
19.07. 2010	0+	15	5,04±0,12 4,30–5,80 9,48	—	1,42±0,11 0,80–2,30 31,5	—	—	100
	1+	15	10,47±0,28 8,00–14,20 12,1	—	13,70±0,78 6,1–19,5 26,3	—		

замет), а также в северо-восточном заливе в районе ручья Порожистый (до 70 экз. за замет). Впрочем, сеголетки в этот период активно расселялись с нерестилищ и поэтому попадались (не менее 20–25 экз. за замет) и на остальных станциях. Самое значительное скопление крупной молоди нерки в возрасте 1+ и старше (более 250 экз. за замет) было выявлено вблизи устья ручья Рыбоводный. В прибрежье у южной части п-ова также попадались половозрелые карликовые самцы, их число на замет достигало здесь 30 экз. Район, где держалась крупная молодь нерки, хорошо просматривался визуально, т. к. рыба предпочитала питаться воздушными насекомыми. Масса сеголеток варьировала в диапазоне от 0,48 до 2,10 г и в среднем была почти в 4 раза меньше, чем масса рыб этого возраста, исследованная в октябре предыдущего года. Почти вся крупная молодь была представлена самцами и самками в возрасте 1+, масса которых варьировала от 6,4 до 16,9 г. Лишь единичные особи были более старшего возраста с массой крупнее 30,9 г (табл. 1).

Результаты обследования молоди нерки в июле 2010 г. практически полностью повторили данные предыдущего года. Всего на 10 станциях было поймано 684 сеголетки нерки в возрасте 0+, из которых 258 шт. или 37,7% были выловлены в районе станции

№ 4. Их масса в среднем составила 1,42 г при изменении от 0,80 до 2,30 г и была несколько больше массы рыб, пойманных в 2009 г. Молодь в возрасте 1+, а также карликовые самцы были пойманы в количестве 336 шт., из которых 81,8% пришлось на станцию № 8 в районе устья ручья Рыбоводный (рис. 1). Масса рыб в возрасте 1+ — в среднем 13,70 г при диапазоне от 6,1 до 19,5 г также была несколько крупнее средней массы рыб этого возраста, исследованных в предыдущем году. Молодь в возрасте 2+ и 3+ в уловах не встречалась, но были пойманы самцы жилой формы массой более 50 г с гонадами III стадии зрелости.

Согласно данным 1995 г. миграция молоди из оз. Красивое в море шла с середины июня до середины июля. Всего за этот период было учтено 460 покатинов, из которых 82,6% были в возрасте 1+. Следует отметить, что доля рыб этого возраста увеличивалась к окончанию периода миграции. Так, 16–25 июня они составляли 69,1%, 26 июня — 5 июля — 85,2%, 6–17 июля — 95,8 экз.

Доля производителей с пресноводным возрастом 1+ в оз. Сопочное и Красивое была практически одинаковой — 92,3 и 80,0%, соответственно (табл. 2), однако по продолжительности морского нагула нерка этих озер различалась. Практически все производи-

Таблица 2. Число производителей нерки разных возрастных групп, выловленных в озёрах острова Итуруп
Table 2. Number of sockeye salmon breeders of different age groups caught in the lakes of Iturup Island

Озеро	Пол	Число рыб, экз.	Возраст рыб				
			1.2+	1.3+	1.4+	2.2+	2.3+
Сопочное	Самки	18	6	11	1	—	—
	Самцы	21	7	11	—	1	2
Красивое	Самки	13	8	2	—	3	—
	Самцы	7	5	1	—	1	—

тели из оз. Красивое провели в море два года, тогда как большая часть самок и самцов, вернувшихся на нерест в оз. Сопочное, провела в море на один год дольше. Интересно отметить относительно небольшие размеры производителей нерки. Так масса самок из

оз. Сопочное в среднем составила 1,76 кг (от 1,42 до 1,98 кг) и была на 12,5% меньше, чем масса самок из оз. Красивое. Масса самцов в среднем составила чуть более 2 кг и была практически одинаковой у рыб двух озёрных популяций (табл. 3).

Таблица 3. Характеристика производителей нерки, выловленных в озёрах острова Итуруп.

Над чертой — среднее значение показателя и его ошибка, под чертой — предел варьирования показателя, третья строка — коэффициент вариации, %; * — число склеритов в пресноводной зоне

Table 3. Characteristics of sockeye salmon breeders caught in the lakes of Iturup Island.

Above the line — the average value of the indicator and its error, below the line — the limit of variation of the indicator, the third line — the coefficient of variation, %; * — number of sclerites in the freshwater zone

Пол	Число рыб, экз.	Длина рыб АС, см	Длина рыб АД, см	Масса рыб, кг	Масса порки рыб, кг	Масса гонад, мг	Плодовитость, шт.	Число склеритов*
оз. Сопочное. 05–26 июля 2016 г.								
Самки	18	52,2±0,4	49,4±0,5	1,76±0,04	1,59±0,04	70,0±6,8	2622±80,1	21,3±0,5
		49,5–55,5 3,2	46,5–55,0 4,0	1,42–1,98 9,4	1,21–1,83 10,5	42,9–150,8 41,0	2059–3133 13,0	16–25 10,7
Самцы	21	54,8±0,5	51,9±0,5	2,11±0,06	1,97±0,06	34,1±3,5	–	21,8±0,8
		51,0–61,0 4.4	49,0–58,0 4,3	1,62–2,93 13,9	1,50–2,73 14,1	16,0–80,0 47,2		16–31 16,7
оз. Красивое. 06 августа 2020 г.								
Самки	13	54,5±0,3	50,9±0,3	2,01±0,03	1,85±0,03	76,3±2,6	2870±108,3	–
		53,0–56,0 2,1	49,0–53,0 2,5	1,86–2,26 5,8	1,70–2,09 6,0	60,0–92,0 12,5	2374–3566 13,6	
Самцы	7	56,0±0,6	52,6±0,6	2,18±0,07	2,06±0,06	34,6±1,5	–	–
		54,0–59,0 3.1	51,0–56,0 3.3	1,99–2,48 8.1	1,88–2,32 8.0	30,0–40,0 11.4		

ОБСУЖДЕНИЕ

Обсуждая полученные данные, в первую очередь, отметим, что на острове Итуруп в настоящее время работают 17 рыбоводных заводов, а объём вылова горбуши и кеты в последние годы соответствует их вылову на остальной территории Сахалинской области. Однако, насколько масштабно исследуются разные аспекты формирования промысловых стад горбуши и кеты, настолько же без внимания остаются остальные виды тихоокеанских лососей. По сему *Oncorhynchus masu* Итурупа в печати есть лишь фрагментарные данные [Зеленников, 2021]. Что касается

кижуча *Oncorhynchus kisutch*, то остаётся дискуссионным сам факт его нереста в реках острова, а значит и его принадлежность к ихтиофауне Итурупа [Сидоров, Пичугин, 2005]. По нерке же, есть сведения только о популяции оз. Красивое и жилой форме оз. Сопочное [Иванков, 1968, 1984; Бугаев, 1995; Рыбы ..., 2012].

В крупнейшем из озёр Итурупа оз. Красивое обитает самая многочисленная популяция нерки. Согласно данным экспедиций, предпринятых сотрудниками СахНИРО в период с 1975 по 1997 гг. [Бугаев, 1995], максимальная численность производителей этой по-

пуляции достигала 114,6 тыс. особей, а их масса – около 300 т. Наши данные о преимущественном скате нерки в возрасте 1+ из оз. Красное согласуются со сведения, полученными ранее. При этом в 2020 г. доля производителей, вернувшихся в это озеро после двух лет морского нагула, была существенно выше (85%) указанных ранее – 48,3% [Иванков, 1984]. Соответственно и масса рыб обоих полов в 2020 г. была меньше.

В оз. Сопочное молодь нерки также мигрировала преимущественно в возрасте 1+, доля взрослых особей, проживших в море два года, была существенна (35,9%), однако большинство производителей, при равном соотношении самцов и самок, вернулись на нерест после трёх лет морского нагула. Несмотря на преобладание старших рыб, масса самок из оз. Сопочное была достоверно ($p < 0,05$) меньше массы самок из оз. Красное, что подтверждает мнение о высоком темпе роста нерки из оз. Красное [Иванков, 1984].

В завершение отметим, что при обследовании молоди около 10% рыб в уловах было представлено карликовыми самцами, что в целом является весьма характерным для нерки [Burgner, 1991]. Однако, как и автору, описавшему подвид жилой нерки [Иванков, 1984], нам не удалось обнаружить в оз. Сопочное половозрелых или близких к половому созреванию самок жилой формы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По совокупности приведённых данных можно заключить, что нерка, размножающаяся в оз. Красное, и очевидно, в оз. Сопочное, отличается ускоренным половым созреванием. В отличие от нерки, например, оз. Курильское, молодь которого в массе мигрирует в море в возрасте 2+ [Бугаев, 1995], практически вся молодь нерки из оз. Красное и Сопочное мигрирует в прибрежье в возрасте 1+. А поскольку и в море большая часть рыб обоих полов проводит только 2–3 года, нерку популяций этих озёр можно характеризовать как сравнительно скороспелую, что значительно повышает её привлекательность в качестве потенциального объекта для искусственного воспроизводства.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Для биологических анализов производителей использовали рыбу только из промысловых уловов. Фиксацию молоди для последующего исследования

проводили в соответствии с правилами Европейской Конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (Стасбург, 18 марта 1986 г.). Для усыпления рыб использовали раствор менакоина.

Финансирование

Работа не имела дополнительного спонсорского финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Бугаев В.Ф. 1995. Азиатская нерка (пресноводный период жизни, структура локальных стад, динамика численности). М.: Колос. 364 с.
- Глубоковский М.К. 1995. Эволюционная биология лососевых рыб. М.: Наука. 343 с.
- Зеленников О.В., Погodin В.П., Отставная Е.Г. 2016. Распределение молоди тихоокеанских лососей и сопутствующих видов рыб в озере Сопочное (остров Итуруп) // Биология моря. Т. 42. № 2. С. 153–155.
- Зеленников О.В. 2021. Влияние процессов раннего оогенеза на развитие воспроизводительной системы у рыб. Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Москва. 43 с.
- Иванков В.Н. 1968. Тихоокеанские лососи острова Итуруп (Курильские острова) // Известия ТИНРО. Т. 60. С. 49–74.
- Иванков В.Н. 1984. Проходная и жилая формы нерки *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) о. Итуруп (Курильские острова) // Биология проходных рыб Дальнего Востока. Владивосток. С. 65–73.
- Рыбы Курильских островов. 2012. (под ред. О.Ф. Гриценко). М.: Изд-во ВНИРО. 384 с.
- Сидоров Л.К., Пичугин М.Ю. 2005. Состав ихтиофауны и особенности биологии рыб южных Курильских островов в связи с абиотическими условиями и происхождением водоёмов // Труды ВНИРО. Т. 144. С. 151–175.
- Шедько С.В. 2002. Обзор пресноводной ихтиофауны // Распределение и животный мир Курильских островов. Владивосток: Дальнаука. С. 118–134.
- Burgner R. L. 1991. Life history of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). Pages 3–117 in C. Groot and L. Margolis, eds. Pacific salmon life histories. UBC Press, Vancouver, British Columbia.
- Klovach N., Leman V., Gordeev I. 2021. The relative importance of enhancement to the production of salmon on Iturup Island (Kuril Island, Russia) // Reviews in Aquaculture. Т. 13. № 1. С. 664–675.

REFERENCES

- Bugaev V.F. 1995. Asian sockeye salmon (freshwater period of life, structure of local stocks, population dynamics). M.: Kolos, 364 c.
- Glubokovskij M.K. 1995. Evolutionary biology of salmonids. M.: Nauka, 343 c.
- Zelennikov O.V., Otsavnaya E.G., Pogodin V.P. The distribution of juvenile pacific salmon and associated fish species in lake Sopochnoye, Iturup Island // Russian Journal of Marine Biology. Т. 42. № 2. С. 153–155.

- Zelennikov O.V.* 2021. Influence of early oogenesis processes on the development of the reproductive system in fish. Avtoref. dis. ... dokt. biol. nauk. Moskva. 43 c.
- Ivankov V.N.* 1968. Pacific salmon of Iturup Island (Kuril Islands) // *Izvestiya TINRO*. T. 60. C. 49–74.
- Ivankov V.N.* 1984. Anadromous and resident forms of the sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) Iturup Island (Kuril Islands) // *Biology of anadromous fishes of the Far East*. Vladivostok. C. 65–73.
- Sidorov L.K., Pichugin M.YU.* 2005. The composition of the ichthyofauna and features of the fish biology of the southern Kuril Islands in connection with the abiotic conditions and the origin of water bodies // *Trudy VNIRO*. T. 144. C. 151–175.
- Fishes of the Kuril Islands*. 2012. (ed. O.F. Gricenko). M.: VNIRO. 384 c.
- Shed'ko S.V.* 2002. Overview of freshwater fish fauna. Vladivostok. Dal'nauka C. 118–134.
- Burgner R.L.* 1991. Life history of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). Pages 3–117 in C. Groot and L. Margolis, eds. *Pacific salmon life histories*. UBC Press, Vancouver, British Columbia.
- Klovach N., Leman V., Gordeev I.* 2021. The relative importance of enhancement to the production of salmon on Iturup Island (Kuril Island, Russia) // *Reviews in Aquaculture*. T. 13. № 1. C. 664–675.

Поступила в редакцию 23.11.2021 г.
Принята после рецензии 13.12.2021 г.



Промысловые виды и их биология

Состояние и структура запаса минтая в Охотском море в 2011–2020 гг.

А.Ю. Шейбак, Н.П. Антонов, Е.Н. Кузнецова

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

Цель работы: оценить состояние и структуру запаса минтая в период 2011–2020 гг. по материалам научных съёмок, выполненных в основных районах его воспроизводства в северной части Охотского моря.

Используемые методы: данные по биологии и промыслу минтая получены в ходе выполнения научных траловых съёмок в северной части Охотского моря в весенний период 2011–2020 гг. Для расчёта численности и биомассы использовался площадной метод. Пересчёт размерного состава минтая в возрастной осуществлён с помощью размерно-возрастного ключа.

Новизна: элементами новизны являются анализ структуры и динамики запаса минтая по данным траловых съёмок, а также его промысла в северной части Охотского моря за десятилетний период. Определён уровень урожайности поколений минтая в годовалом возрасте и возрасте ближнего пополнения нерестового запаса, появившихся в период 2010-х гг.

Результат: несмотря на неоднородность размерно-возрастной структуры минтая в рассматриваемых промысловых подзонах Охотского моря, наличие высокоурожайных поколений обычно проявляется для всей северной части Охотского моря. Наиболее значительные колебания запаса минтая наблюдались в первой половине рассматриваемого десятилетия. В период 2010-х гг. тенденции изменения вылова минтая в Северо-Охотоморской подзоне и камчатских подзонах совпадали. Эффективность использования минтая в северной части Охотского моря характеризуется максимальными значениями.

Практическая значимость: полученные результаты по динамике и структуре запаса минтая в Северо-Охотоморской и двух камчатских промысловых подзонах Охотского моря за десятилетний период будут использованы в прогностических целях.

Ключевые слова: Охотское море, минтай *Gadus chalcogrammus*, вылов, численность, биомасса, возраст, нерестовый запас, урожайность поколений.

Condition and structure of pollock stock in the Sea of Okhotsk in 2011–2020

Artem Yu. Sheibak, Nikolay P. Antonov, Elena N. Kuznetsova

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

Purpose of the work: to assess the condition and structure of the pollock stock in the period 2011–2020 based on the materials of scientific surveys carried out in the main areas of its reproduction in the northern part of the Sea of Okhotsk.

Methods used: data on the biology and fishing of pollock were obtained during scientific trawling surveys in the northern part of the Sea of Okhotsk in the spring period 2011–2020. The areal method was used to calculate the abundance and biomass. Recalculation of the size composition of pollock in the age is carried out using the size-age key.

Novelty: the elements of novelty are the analysis of the structure and dynamics of the pollock stock according to trawl surveys, as well as its fishing in the northern part of the Sea of Okhotsk over a ten-year period. The yield level of pollock generations at the age of one year and the age of near replenishment of the spawning stock, which appeared during the 2010s, was determined.

Result: despite the heterogeneity of the size and age structure of pollock in the considered fishing subzones of the Sea of Okhotsk, the presence of high-yielding generations is usually manifested for the entire northern part of the Sea of Okhotsk. The most significant fluctuations in pollock stocks were observed in the first half of the decade under review. During the 2010s, the trends in pollock catch in the North Okhotsk subzone and Kamchatka subzones coincided. The efficiency of pollock use in the northern part of the Sea of Okhotsk is characterized by maximum values.

Practical significance: the results obtained on the dynamics and structure of the pollock stock in the North Okhotsk and two Kamchatka fishing subzones of the Sea of Okhotsk over a ten-year period will be used for prognostic purposes.

Keywords: sea of Okhotsk, pollock *Gadus chalcogrammus*, catch, abundance, biomass, age, spawning stock, generation yield.

ВВЕДЕНИЕ

Промысел минтая (*Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814) в Охотском море последние десятилетия занимает лидирующую позицию в рыбной отрасли России. Этот вид населяет всё Охотское море, но наибольших концентраций достигает в северной части моря [Шунтов и др., 1993; Зверькова, 2003].

В практике оценок запасов и прогнозирования уловов общее стадо минтая северной части Охотского моря подразделяют на две основные единицы запаса, также нередко именуемые стадами: восточноохотоморское стадо, которое облавливается в Западно-Камчатской (ЗК) и Камчатско-Курильской (КК) подзонах, и североохотоморское, которое облавливается в Северо-Охотоморской (СОХ) подзоне. Указанные единицы запаса связаны с районами воспроизводства минтая, важнейшими из которых являются западно-камчатский и североохотоморский шельф.

Численность и биомасса минтая подвержены значительным флюктуациям, связанными, как с естественными факторами, так и с воздействием промысла. После того, как в 1996 г. был достигнут вылов, близкий к максимальному (более 2 млн т) за всю историю промысла, уловы снизились до 380 тыс. т в 2004 г. [Фадеев, Веспестад, 2000; Кузнецов и др., 2008; Зверькова, 2007; Датский и др., 2021]. Важной причиной столь существенного снижения запасов минтая была перестройка общециркуляционных процессов в атмосфере над Северной Пацификой, повлиявшая на гидрологическую ситуацию в Охотском море [Шунтов, 1998; 2001; Шатилина и др., 2002; Глебова, Хен, 2002; Хен и др., 2002; 2004; Авдеев и др., 2008]. Следствием чего стало снижение величины расхода Западнокамчатского течения, приведшее к выхолаживанию вод над североохотоморским шельфом, являющимся одним из основных районов воспроизводства североохотоморского минтая, и снижению выживаемости его икры, личинок и молоди [Фигуркин и др., 2008; Смирнов, Прикоки, 2011; Коломейцев, 2020].

Немаловажной причиной снижения запасов минтая был его неконтролируемый промысел, развёрнутый отечественными и иностранными судами в 1990-е гг. [Авдеев и др., 2001; Варкентин, Сергеева, 2002; Буслов и др., 2006]. В погоне за сверхприбылью рыбопромышленники ежегодно подрывали нерестовый запас минтая (увеличение «выхода икры», как продукции), а также неполовозрелых особей высокочисленных поколений 1995 и 1997 гг. [Буслов, Сергеева, 2008]. Так численность особей поколения 1995 г. к моменту вступления в нерестовый запас сократилась в 40 раз [Авдеев и др., 2008].

За счёт рождения высокоурожайных поколений восточноохотоморского минтая в 2000 и 2002 гг. и североохотоморского минтая в 1997, 2004 и 2005 гг. появилась тенденция к восстановлению общего запаса. Улучшение гидрологической ситуации во второй половине 2000-х гг. и снижение пресса промысла способствовало сохранению урожайных поколений, и запасы минтая в северной части Охотского моря стабилизировались на среднемноголетнем уровне [Авдеев и др., 2005, 2008; Овсянников, 2009; Овсянников и др., 2013]. В 2001–2005 гг. уровень ОДУ в трёх охотоморских промысловых подзонах (Северо-Охотоморская, Западно-Камчатская и Камчатско-Курильская) в среднем составлял 558 тыс. т, во второй половине десятилетия увеличился до 702 тыс. т.

Появление урожайных поколений и благоприятные условия их выживания во втором десятилетии 21 века, а также совершенствование российского законодательства в части установления в Правилах рыболовства для Дальневосточного бассейна величины выхода икры от количества выловленного сырца минтая в промысловый сезон «А» и усиление контроля за соблюдением данных Правил во время минтаевой путины со стороны природоохранных органов, позволили сохранить запас минтая и установить более высокий уровень ОДУ. В 2010 г. ОДУ минтая для трёх охотоморских подзон был определён в объёме 1010 тыс. т.

Динамика запаса минтая, как и большинства длинноцикловых видов, определяется урожайностью поколений и, прежде всего, их последующей выживаемостью. Эффективность воспроизводства и формирование урожайности поколений минтая являются результатом комплексного действия нескольких факторов (космофизических, климато-океанологических, биоценологических и популяционных), действующих в разных сочетаниях [Шунтов и др., 1993; Шунтов, 2016]. Динамика численности минтая в целом не предсказуема, а реальный прогноз вылова с 2–3-летней заблаговременностью возможен лишь при наличии тотальных оценок численности и биомассы пополнения и производителей [Шунтов, 2016].

Цель данной работы – оценить состояние и структуру запаса минтая в период 2011–2020 гг. по материалам научных съёмок, выполненных в основных районах его воспроизводства в северной части Охотского моря.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалы, использованные в работе, были собраны в ходе весенних комплексных экспедиций, выполненных на НИС «Профессор Кагановский» и НИС «ТИНРО» в северной части Охотского моря в весен-

ний период 2011–2020 гг. (рис. 1). Траловые съёмки проводились с использованием двух типов трала – РТ/ТМ 57/360 и РТ/ТМ 80/396, кутец которых был оснащён 10-метровой вставкой из дели с шагом ячеи 10 мм для облова и учёта молоди минтая. Продолжительность траления варьировала от 15 минут до 1 часа, в зависимости от характера экзозаписи. Съёмки проводились по стандартной схеме траловых станций, применяемой с 1998 г., с корректировкой в зависимости от ледовой обстановки и характера распределения минтая в районе исследований. Для определения размерного состава минтая из каждого результативного улова отбиралась проба в количестве 300 экз., в случае меньших уловов промерялись все особи. Для каждого биостатистического района выполнялся групповой биологический анализ минтая, с отбором не менее 10 особей на сантиметровый класс.

На массовый промер было взято 580628 экземпляров минтая. Биологическому анализу, с последующим определением возраста, было подвергнуто 29029 экземпляров минтая. Возраст определялся по поперечному слою отоликов, проходящему через ядро, отшлифованному и прокалённому [Chilton, Beamish, 1982]. В работе указывается возраст, как число полных лет. Возрастной состав минтая в уловах получен на основании выполненных в рейсе промеров с использованием составленного на основе определения возраста рыб данного года размерно-возрастного ключа.

Расчёт численности и биомассы выполнялся методом площадей с учётом коэффициента объёмности и коэффициента уловистости [Волвенко, 1998; Мельников, 2006; Смирнов и др., 2006]. Для минтая возрастом от 2-х лет и старше применялся коэффициент уловистости равный 0,4, для годовалого минтая – 0,1 [Шунтов и др., 1993].

Собранный первичный материал при дальнейшем анализе обобщался согласно традиционной схеме биостатистических районов Охотского моря, разработанной Н.С. Фадеевым [1987].

Данные по промыслу минтая в северной части Охотского моря взяты из судовых суточных донесений (ССД), доступных в ОСМ [Пырков и др., 2015].

Авторы выражают благодарность сотрудникам, участвовавшим в сборе данных в период выполнения весенних комплексных съёмок в Охотском море.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В 2011 г. основу запаса минтая (74%) в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах составляли особи длиной 35–45 см в возрасте 5–7 лет, относящиеся к поколениям 2004–2006 гг. (рис. 2). В последующие годы за счёт появления урожайных и среднеурожайных поколений наблюдается усложнение размерно-возрастной структуры минтая. В структуре запаса в 2012–2015 гг. отмечено преобладание поколения 2011 г. Численность этого поколения в 2012 г. составила 11,970 млрд экз. (44,6% от

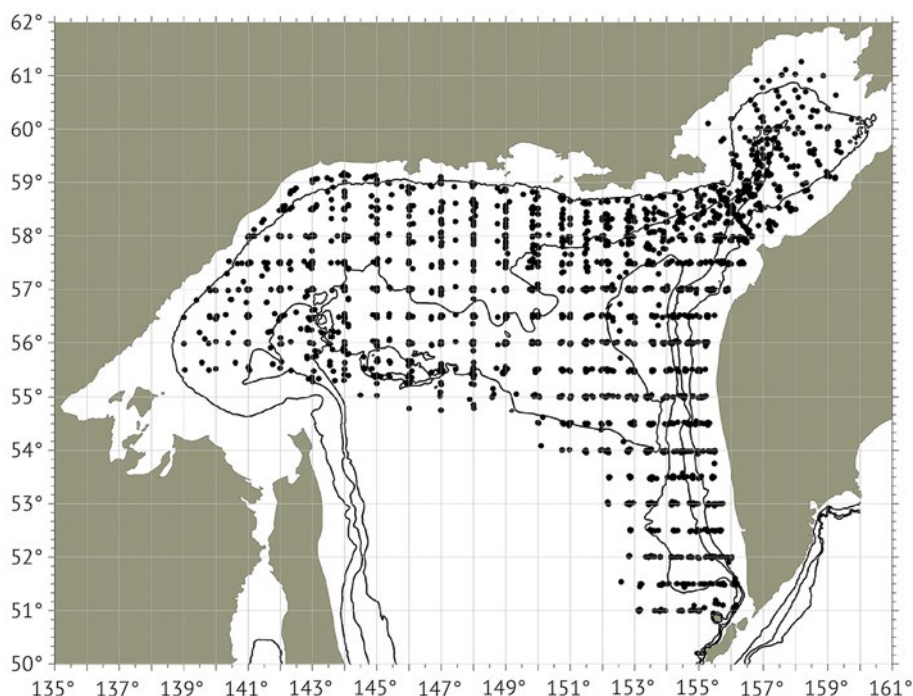


Рис. 1. Карта–схема траловых станций, выполненных в Охотском море весной 2011–2020 гг.
Fig. 1. Map of trawling stations carried out in the Sea of Okhotsk in the spring of 2011–2020

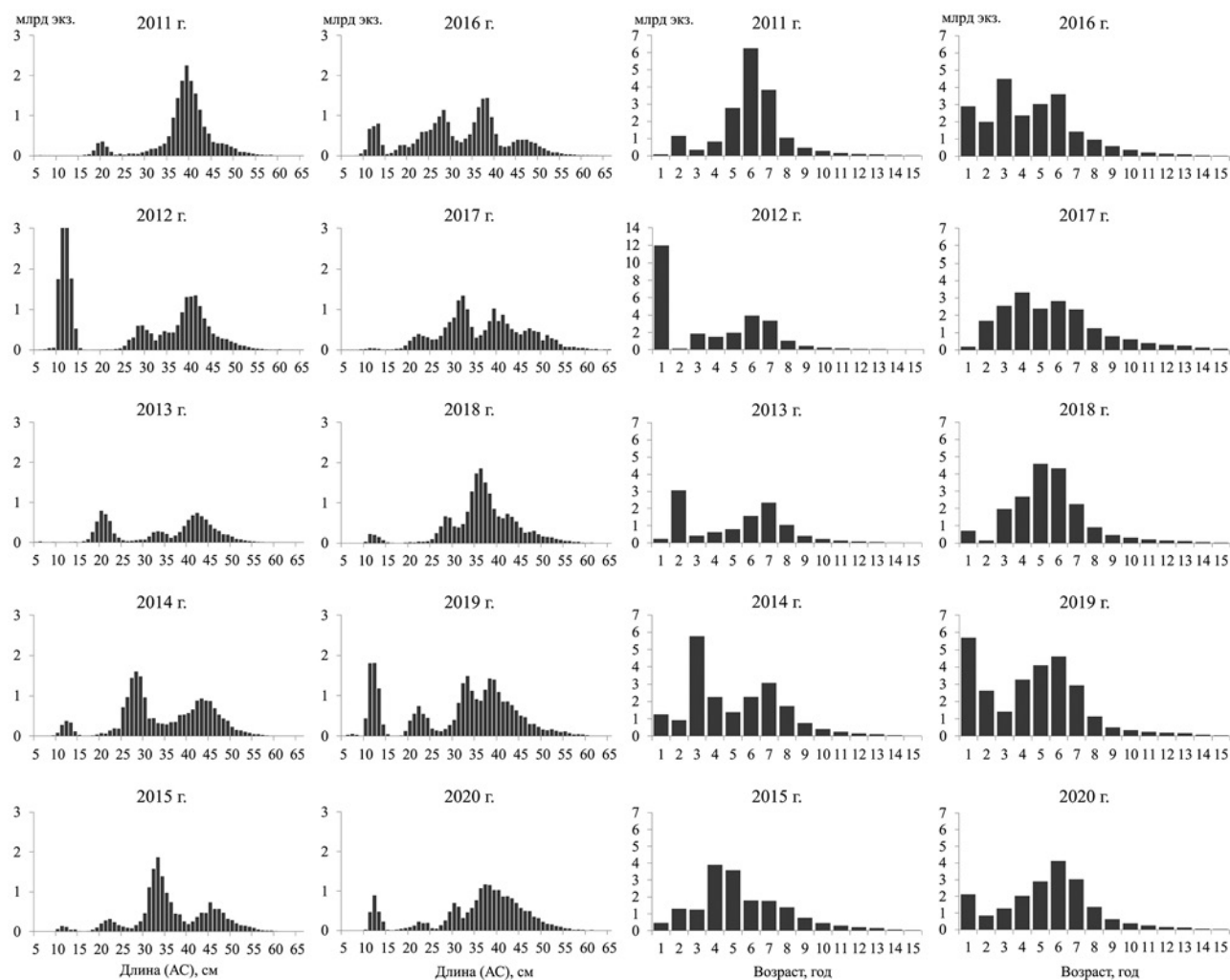


Рис. 2. Размерно-возрастной состав минтая в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах в 2011–2020 гг.
Fig. 2. Size and age composition of pollock in the West Kamchatka and Kamchatka–Kuril subzones in 2011–2020

общего запаса), и, согласно оценке урожайности, разработанной Е.Е. Овсянниковым [2009], оно было отнесено к сверхурожайному (табл. 1). Однако к моменту вступления в половозрелую часть запаса поколение 2011 г. значительно сократилось, составив 4,838 млрд экз., и, согласно вышеупомянутой методике, уже характеризовалось как среднеурожайное. В возрасте 9 лет численность этого поколения составляла менее 1 млрд экз.

В 2016–2017 гг. в уловах проявляется среднеурожайное поколение 2015 г., численность которого в годовалом возрасте составила 2,687 млрд экз. Кроме того, частичное перераспределение младшевозрастных особей высокочисленных генераций из североохотоморского района в выростную зону на восточных склонах впадины ТИНРО, также сказалось на структуре запаса минтая в восточной части моря.

С 2017 г. в структуре запаса восточноохотоморского минтая наблюдалось преобладание рыб дли-

ной 30–40 см в возрасте 4–5 лет и рыб длиной 41–47 см в возрасте 6–8 лет. Численность рыб в возрасте 1–3 лет, составляющих неполовозрелую часть запаса, была незначительна. В 2019 г. в запаса выделялось поколение 2018 г., общая численность которого составила 5,692 млрд экз. Это поколение было оценено, как сверхурожайное, однако к возрасту 2-х лет его учётная численность снизилась до 0,844 млрд экз.

За период 2011–2020 гг. в структуре запаса восточноохотоморского минтая средняя доля неполовозрелых рыб (1–3 года) составляла 28,9%, доля рыб в возрасте 4–5 лет – 25,2%, на долю старшевозрастных рыб, составляющих основу промыслового стада, приходилось 45,9% (табл. 2).

Запас минтая в Северо-Охотоморской подзоне в 2011–2012 гг. характеризовался упрощённой размерно-возрастной структурой (рис. 3). Основу запаса (56–81%) составляли особи длиной 37–47 см, относящиеся к поколениям 2004 и 2005 гг. рождения.

Таблица 1. Уровень урожайности поколений минтая в Охотском море в 2011–2020 гг.
Table 1. The yield level of pollock generations in the Sea of Okhotsk in 2011–2020

Поколение, г.	Западно-Камчатская и Камчатско-Курильская подзоны		Северо-Охотоморская подзона		Западно-Камчатская, Камчатско-Курильская и Северо-Охотоморская подзоны	
	млрд экз.	1 год	млрд экз.	1 год	млрд экз.	1 год
2011	11,970	сверхурожайное	0,601	неурожайное	12,571	сверхурожайное
2012	0,238	неурожайное	0,937	среднеурожайное	1,175	среднеурожайное
2013	1,252	среднеурожайное	18,233	сверхурожайное	19,486	сверхурожайное
2014	0,462	неурожайное	5,939	сверхурожайное	6,401	сверхурожайное
2015	2,897	среднеурожайное	1,904	среднеурожайное	4,801	урожайное
2016	0,190	неурожайное	7,067	сверхурожайное	7,257	сверхурожайное
2017	0,714	неурожайное	2,861	среднеурожайное	3,575	урожайное
2018	5,692	сверхурожайное	0,264	неурожайное	5,957	сверхурожайное
2019	2,114	среднеурожайное	0,524	неурожайное	2,638	среднеурожайное
2020	0,586	неурожайное	0,165	неурожайное	0,751	неурожайное
Поколение, г.	млрд экз.	ближ. пополнение (ср. 3–4 год)	млрд экз.	ближ. пополнение (ср. 3–4 год)	млрд экз.	ближ. пополнение (ср. 3–4 год)
2011	4,839	среднеурожайное	3,040	неурожайное	7,878	среднеурожайное
2012	1,809	низкоурожайное	2,149	неурожайное	3,958	неурожайное
2013	3,905	неурожайное	7,448	среднеурожайное	11,353	сверхурожайное
2014	2,617	неурожайное	3,814	неурожайное	6,431	среднеурожайное
2015	2,621	неурожайное	3,320	неурожайное	5,941	среднеурожайное
2016	1,720	низкоурожайное	3,519	неурожайное	5,239	среднеурожайное
2017	1,331	низкоурожайное	1,972	низкоурожайное	3,303	неурожайное
2018	–	–	–	–	–	–
2019	–	–	–	–	–	–
2020	–	–	–	–	–	–

Доля неполовозрелых рыб (1–3 лет) была незначительна (3,71 и 9,75%) (табл. 2).

С 2013 г. структура запаса меняется в связи с заметной долей (10,7%) молоди, поколения 2011 г. рождения. В 2014 г. проявляется высокоурожайное поколение 2013 г., численность которого в годовалом возрасте составила 18,233 млрд экз. (47,2% от общего запаса). Однако в возрасте 3–4 лет его численность заметно сократилась (табл. 1). В последующие годы, помимо поколения 2013 г. в структуре запаса североохотоморского минтая отчётливо выделялись генерации 2014 и 2016 гг., уровень численности которых в возрасте 1 года был оценён, как сверхурожайный,

однако в возрасте 3–4 лет их численность также заметно снизилась. В совокупности эти три поколения, а также минтай, мигрировавший из восточной части моря, были основой промыслового запаса в Северо-Охотоморской подзоне в период с 2014 по 2020 гг.

На протяжении 2011–2020 гг. в Северо-Охотоморской подзоне средняя доля неполовозрелых рыб (1–3 года) составляла 28,3%, рыб в возрасте 4–5 лет – 25,4%, доля старшевозрастных рыб (старше 5 лет), составляющих основу нерестового и промыслового запасов – 46,3% (табл. 2).

За рассматриваемое десятилетие в водах Северо-Охотоморской, Западно-Камчатской и Камчатско-

Таблица 2. Возрастная структура минтая в Охотском море в период 2011–2020 гг., %
Table 2. The age structure of pollock in the Sea of Okhotsk in the period 2011–2020, %

Структура запаса/год	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	среднее
Западно-Камчатская и Камчатско-Курильская подзоны											
Дальнее пополнение (1–3 года)	9,01	52,01	33,76	38,95	17,29	42,11	23,14	14,93	35,54	21,93	28,87
Ближнее пополнение (4–5 лет)	20,62	12,88	12,84	17,82	43,01	24,22	29,83	38,35	26,88	25,52	25,20
Нерестовый состав (6 лет и старше)	70,37	35,11	53,40	43,23	39,70	33,67	47,03	46,71	37,57	52,55	45,94
Северо-Охотоморская подзона											
Дальнее пополнение (1–3 года)	3,71	9,75	21,06	61,09	47,26	38,82	39,16	40,26	13,62	8,81	28,35
Ближнее пополнение (4–5 лет)	31,16	15,46	17,54	11,63	13,48	20,87	38,85	35,42	31,93	37,37	25,37
Нерестовый состав (6 лет и старше)	65,13	74,79	61,40	27,28	39,26	40,31	21,99	24,32	54,45	53,82	46,27
Западно-Камчатская, Камчатско-Курильская и Северо-Охотоморская подзоны											
Дальнее пополнение (1–3 года)	6,02	35,91	26,82	53,44	34,65	40,42	33,49	30,15	26,87	14,29	30,21
Ближнее пополнение (4–5 лет)	26,56	13,86	15,41	13,77	25,90	22,50	35,66	36,59	28,88	32,43	25,16
Нерестовый состав (6 лет и старше)	67,42	50,22	57,77	32,79	39,45	37,07	30,85	33,26	44,25	53,29	44,64

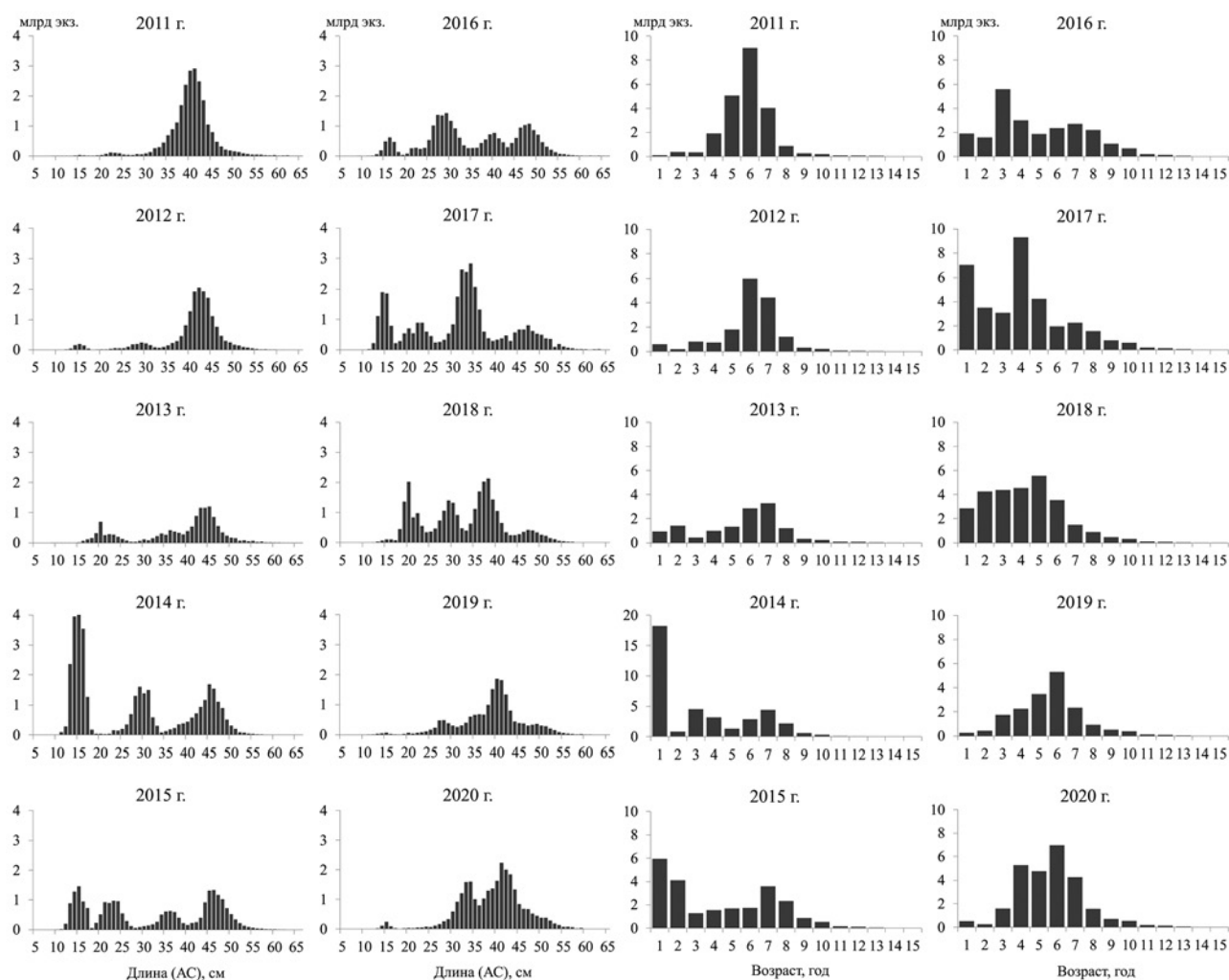


Рис. 3. Размерно-возрастной состав минтая в Северо-Охотоморской подзоне весной 2011–2020 гг.
Fig. 3. The size and age composition of pollock in the North Okhotsk subzone in the spring of 2011–2020

Курильской подзон многочисленное поколение 2011 г. заложило основу ближнего и дальнего пополнений вплоть до второй половины десятилетия (рис. 4). Уровень этого поколения в возрасте одного года был определён, как сверхурожайный, но к возрасту ближнего пополнения его численность сократилась в 1,6 раза, а уровень — до среднеурожайного (табл. 1). В 2013 г. появляется следующее сверхурожайное поколение, проявленное в североохотоморском районе воспроизводства, по численности превосходившее поколение 2011 г. в 1,5 раза. К моменту начала созревания и вступления в состав промыслового стада численность поколения 2013 г. снизилась в 1,7 раза, однако оно доминировало в запасе охотоморского минтая вплоть до 2019 г.

В последующий период, по оценкам урожайности поколений в возрасте 1 года, поколения 2015 и 2017 гг. были оценены как урожайные, а поколения

2014, 2016 и 2018 гг. — как сверхурожайные. Однако к возрасту 3–4 лет численность поколений 2014–2016 гг. снизилась до уровня среднеурожайного, а уровень 2017 г. — до неурожайного. Уровень поколений 2018–2020 гг. рождения в возрасте ближнего пополнения будет ясен в последующем.

Анализ структуры запасов минтая в восточной (ЗК и КК) и северной (СОХ) частях Охотского моря показывает их значительную неоднородность. Так высокоурожайное поколение 2011 г. в возрасте 1 года выделялось в структуре запаса восточноохотоморского минтая (11,970 млрд экз.), но практически не выделялось в структуре североохотоморского (0,601 млрд экз.). Однако по результатам траловой съёмки в 2014 г. сверхурожайное поколение 2013 г. рождения было проявлено в структуре запаса североохотоморского стада — 18,233 млрд экз. Численность данного поколения в Западно-Камчатской и Камчатско-

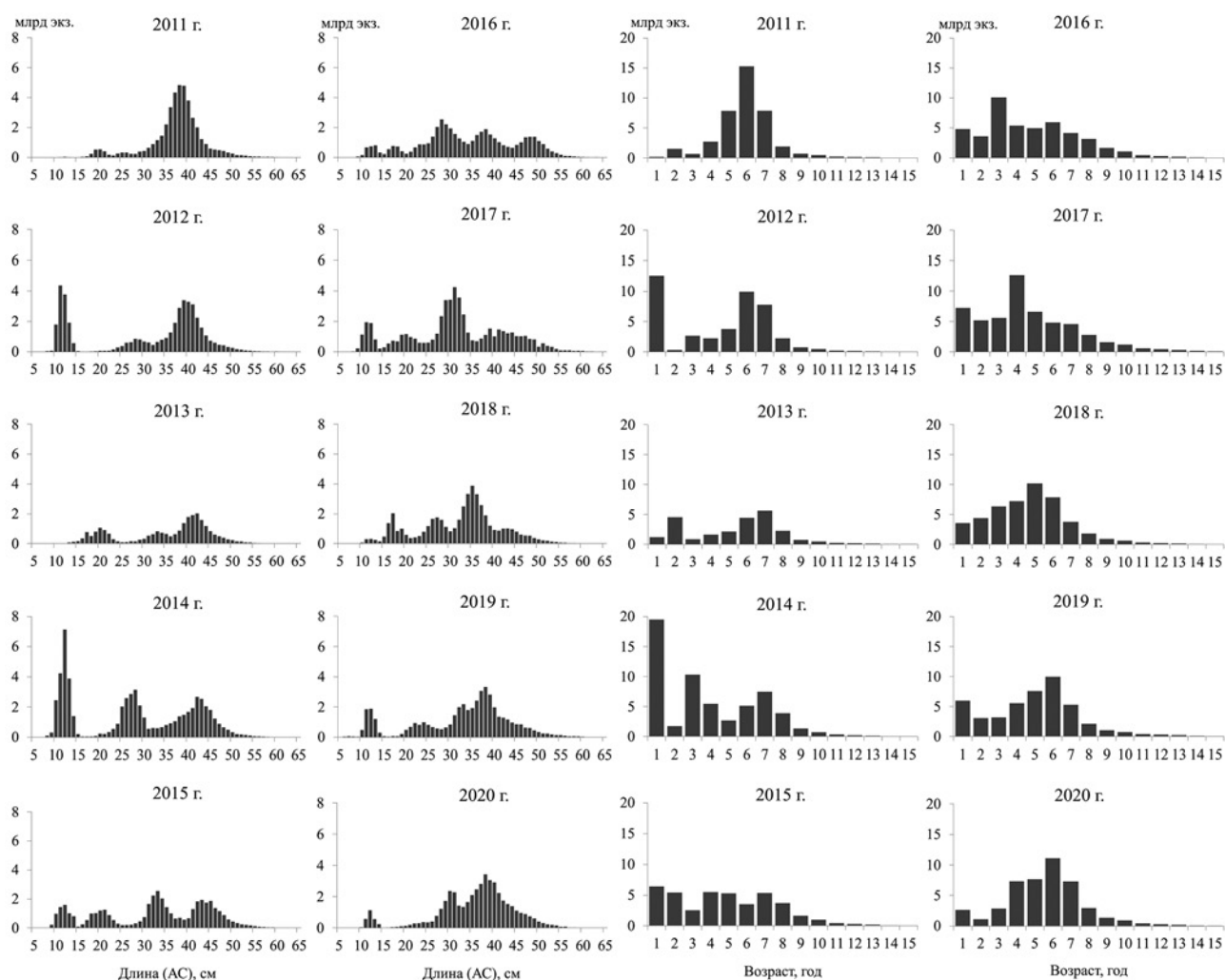


Рис. 4. Размерно-возрастной состав минтая в северной части Охотского моря весной 2011–2020 гг.

Fig. 4. Size and age composition of pollock in the northern part of the Sea of Okhotsk in the spring of 2011–2020

Курильской подзонах была существенно ниже и составляла 1,252 млрд экз. Особи поколения 2013 г. также доминировали (по численности) в структуре 2-х стад в период с 2016 по 2019 гг. (рис. 3 и 4).

Данные комплексных экспедиций ТИНРО в 2004–2006 гг., приведённые в работе Г.В. Авдеева с соавторами [2008], также показывают неоднородность размерно-возрастных соотношений минтая в Северо-Охотоморской подзоне и водах Западной Камчатки. В скоплениях минтая в Северо-Охотоморской подзоне наблюдалось доминирование одной возрастной группы (7 лет), на нерестилищах у Западной Камчатки размерно-возрастная структура минтая была более сложная.

В целом можно отметить, что, несмотря на неоднородность размерно-возрастной структуры минтая в Северо-Охотоморской подзоне и западнокамчатских подзонах, наличие высокоурожайных поколений обычно проявляется во всех районах воспроизводства.

В зависимости от урожайности поколений меняется соотношение неполовозрелой и половозрелой частей общего запаса (табл. 3). В водах Западной Камчатки значительное преобладание половозрелого минтая наблюдалось лишь в 2011 г. (72,4%), и незначительное (53,0%) в 2013 г. В Северо-Охотоморской подзоне половозрелая часть запаса существенно преобладала в 2012–2013 гг. (61,0–79,1%) и очень незначительно в 2011, 2019–2020 г. (51,3–54,9%).

На протяжении рассматриваемого десятилетия в северо-восточной части Охотского моря средняя доля младшевозрастного минтая (1–3 года), относя-

щегося к дальнему пополнению, составляла 30,2%, средневозрастного (4–5 лет), относящегося к ближнему пополнению, – 25,2%, а старшевозрастного (6 и старше лет), составляющего основу нерестового и промыслового запасов, – 44,6% (табл. 2).

Комплексные исследования, проведённые в Охотском море в период 2010-х гг., касающиеся определения запасов прямыми методами учёта, показали существенные колебания численности и биомассы минтая. Диапазон и частота колебаний численности минтая существенно выше, чем биомассы за счёт появления высокоурожайных поколений, особенно в первый год жизни.

Биомасса минтая в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах за последнее десятилетие изменялась от 3,7 млн т (2013 г.) до 7,1 млн т (2019 г.), численность – от 11,0 млрд экз. (2013 г.) до 27,4 млрд экз. (2019 г.) (рис. 5). Тенденции в изменении численности и биомассы этого запаса не совпали в 2012 и 2016 гг. В 2012 г. численность запаса за счёт появления высокоурожайного поколения 2011 г. увеличилась на 35%, а биомасса сократилась на 9% относительно предыдущего года. В 2016 г. численность увеличилась на 22% вследствие высокой численности рыб в возрасте 3-х лет многочисленного поколения 2013 г. рождения, при этом биомасса сократилась на 2%. С 2017 г. за счёт доминирования особей поколения 2013 г. и их весового роста биомасса запаса увеличивалась. В 2019 г. наблюдался самый высокий за рассматриваемый период уровень запаса минтая как по показателям численности, так и биомассе. В 2020 г. численность минтая вновь снизилась ниже среднеемноголетнего уровня.

Таблица 3. Соотношение неполовозрелого и половозрелого минтая в Охотском море в 2011–2020 гг., %
Table 3. The ratio of immature and mature pollock in the Sea of Okhotsk in 2011–2020, %

Год	Западно-Камчатская и Камчатско-Курильская подзоны		Северо-Охотоморская подзона		Западно-Камчатская, Камчатско-Курильская и Северо-Охотоморская подзоны	
	Неполовозрелые	Половозрелые	Неполовозрелые	Половозрелые	Неполовозрелые	Половозрелые
2011	27,55	72,45	45,14	54,86	37,46	62,54
2012	68,76	31,24	20,93	79,07	50,54	49,46
2013	46,99	53,01	39,04	60,96	42,64	57,36
2014	68,01	31,99	76,28	23,72	73,42	26,58
2015	69,80	30,20	51,61	48,39	59,28	40,72
2016	78,68	21,32	70,24	29,76	74,36	25,64
2017	61,91	38,09	80,26	19,74	73,76	26,24
2018	59,74	40,26	79,85	20,15	71,82	28,18
2019	62,12	37,88	47,25	52,75	56,23	43,77
2020	52,26	47,74	48,70	51,30	50,18	49,82
среднее	59,58	40,42	55,93	44,07	58,97	41,03

В Северо-Охотоморской подзоне запас минтая в рассматриваемые годы менялся в более широких пределах, по биомассе от 3,8 млн т (2013 г.) до 8,1 млн т (2020 г.), по численности от 13,3 млрд экз. (2013 г.) до 38,6 млрд экз. (2014 г.). У этого запаса тенденции изменения численности и биомассы совпадали. До 2013 г. наблюдалась тенденция снижения запаса минтая в Северо-Охотоморской подзоне. В 2014 г. в связи с появлением высокоурожайного поколения 2013 г. наблюдался самый высокий за рассматриваемый период уровень его численности (38,6 млрд экз.) и относительно высокая биомасса (6,1 млн т). После чего запас снизился и в период 2015–2016 г. находился на уровне 5,7 млн т (23,4–23,9 млрд экз.), в 2017 г. увеличился до 6,7 млн т (34,9 млрд экз.), далее в течение двух лет запас снижался, особенно по показателям численности (рис. 6). В 2020 г. запас минтая в Северо-Охотоморской подзоне достиг максимального по биомассе уровня 8,1 млн т (по численности 26,9 млрд экз.).

Рассмотрим более подробнее ход столь значимых колебаний численности и биомассы минтая рассматриваемых стад.

Начало прошлого десятилетия было отмечено резким увеличением общей численности минтая в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах, при снижении биомассы. Численность стада увеличилась за счёт появления многочисленного поколения 2011 г. (11,9 млрд экз.), уровень урожайности которого был подтверждён результатами комплексной съёмки, проведённой в северной части Охотского моря в 2012 г. Однако выживаемость этого поколения оказалась невысокой. Кроме того, обилие минтая на восточных свалах впадины ТИНРО и сложность учёта

двухгодовиков посредством выполнения придонных тралений пелагическим тралом, возможно обусловило недоучёт и низкую оценку их численности (3,0 млрд экз.). В результате численность восточноохотоморского минтая в 2013 г. была минимальной за рассматриваемое десятилетие (11 млрд экз.). В период с 2014 по 2018 гг. колебание уровня численности этого стада было не существенным от 17,4 до 22,3 млрд экз., при среднем значении 19,6 млрд экз. В 2019 г. за счёт частичного перераспределения минтая из Северо-Охотоморской подзоны в присваловую и шельфовую части Западной Камчатки численность увеличилась в 1,4 раза, составив 27,4 млрд экз. В 2020 г. численность минтая в восточной части моря вновь снизилась, составив 19,3 млрд экз. Причиной этого стало его частичное перераспределение в район возвышенности Лебеда.

Биомасса восточноохотоморского минтая в период 2011–2013 гг. стремительно сокращалась, упав в 2013 г. до минимального значения (3,7 млн т). Снижение было обусловлено естественным уменьшением половозрелой части стада, сформированной поколениями второй половины 2000-х гг., и низкой составляющей ближнего пополнения (рис. 5). В 2014 г. биомасса увеличилась в 2 раза относительно предыдущего года, составив 6,1 млн т. Причиной столь резкого подъёма было частичное перераспределение минтая в возрасте 4–5 лет из западной части моря. В 2015 г. биомасса снизилась на 400 тыс. т и в течение 3-х лет оставалась на уровне 5,3–5,5 млн т. С 2016 по 2019 гг. в структуре запаса выделялось высокоурожайное поколение 2013 г. За счёт весового роста особей этого поколения биомасса стада росла, достигнув в 2019 г. самого высокого за рассматриваемый период пока-

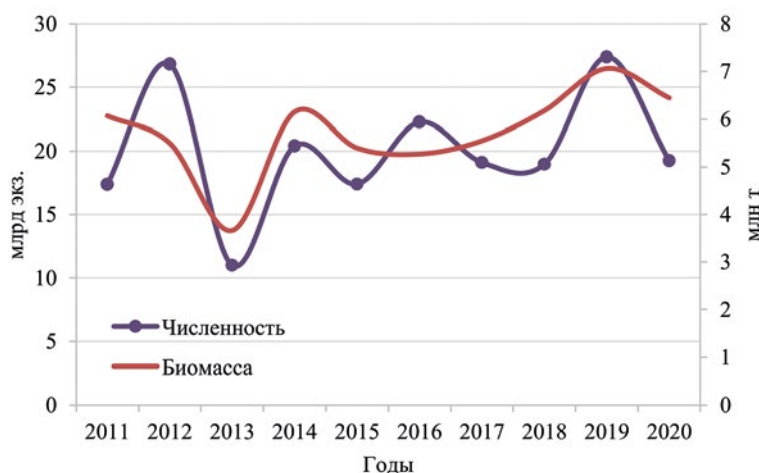


Рис. 5. Динамика численности и биомассы минтая в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах в 2011–2020 гг.
Fig. 5. Dynamics of pollock abundance and biomass in the West Kamchatka and Kamchatka-Kuril subzones in 2011–2020

зателя в 7,1 млн т. В 2020 г. произошло снижение биомассы на 600 тыс. т.

Численность и биомасса североохотоморского стада минтая в рассматриваемый период изменялись практически синхронно, за исключением 2016 г. (рис. 6). Изменение биомассы по сравнению с численностью проходило более сглажено с меньшей амплитудой. В начале рассматриваемого периода численность и биомасса минтая снижались, достигнув в 2013 г. минимальных величин — 13,24 млрд экз. и 3,8 млн т соответственно. Сокращение запаса было связано с естественным выбыванием из промыслового стада высокочисленных поколений предыдущего десятилетия.

В 2014 г. наблюдается увеличение численности североохотоморского минтая до максимального уровня за десятилетие — 38,6 млрд экз., по биомассе — до 6,1 млн т, что было обусловлено появлением высокоурожайного поколения 2013 г. В последующие 2 года (2015–2016 гг.), несмотря на наличие этого высокоурожайного поколения, учтённая численность (23,9–23,4 млрд экз.) и биомасса (5,7 млн т) минтая оценивались на уровне среднесноголетнего. Поколение минтая 2013 г. заметно проявляется в структуре запаса в 2016 г. в возрасте 3-х лет, и доминирует до 2019 г., как и в восточноохотоморском стаде. Кроме того, в 2017 г. зафиксировано высокоурожайное поколение 2016 г. В результате в 2017 г. учтённая численность североохотоморского минтая возрастает до 34,9 млрд экз., биомасса — до 6,7 млн т. В 2018 и 2019 гг. отмечалось частичное смещение плотных скоплений минтая из западной части моря в восточную, за счёт чего биомасса в западной части несколько снизилась. В конце десятилетия наблюдалась противоположная

картина в распределении минтая по акватории моря. Более плотные концентрации минтая фиксировались в западной части, в результате чего учтённая биомасса в этом районе достигла максимального значения за рассматриваемый период — 8,1 млн т.

Анализ показателей биомассы минтая в Северо-Охотоморской, Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах показал их значительное сходство и направленность межгодовых изменений в 2011–2016 гг., с 2017 г. изменения приобрели разнонаправленный характер (рис. 5 и 6). Показатели численности двух запасов в исследуемый период имели значительные различия. Колебания численности североохотоморского минтая характеризовались большей амплитудой, а по направленности, за исключением 2012–2014 гг., находились в противофазе с восточноохотоморским. Численность североохотоморского минтая превышала таковую восточноохотоморского, за исключением 2012 и 2019 гг. (рис. 5 и 6).

Обобщённые данные по величине запаса минтая по 3-м подзонам северной части Охотского моря в чём-то более достоверны, так как отсутствует влияние фактора перераспределения особей между соседними подзонами. За счёт этого динамика изменения численности и биомассы выглядят более сглажено, особенно во второй половине рассматриваемого десятилетия.

Общая численность минтая северо-восточной части Охотского моря изменялась от 24,2 млрд экз. (2013 г.) до 59 млрд экз. (2014 г.) (рис. 7). Наиболее значительные колебания наблюдались в первой половине рассматриваемого десятилетия в 2011–2014 гг. В последующий период численность общего запаса постепенно увеличивалась до 2017 г. с 41,3 до

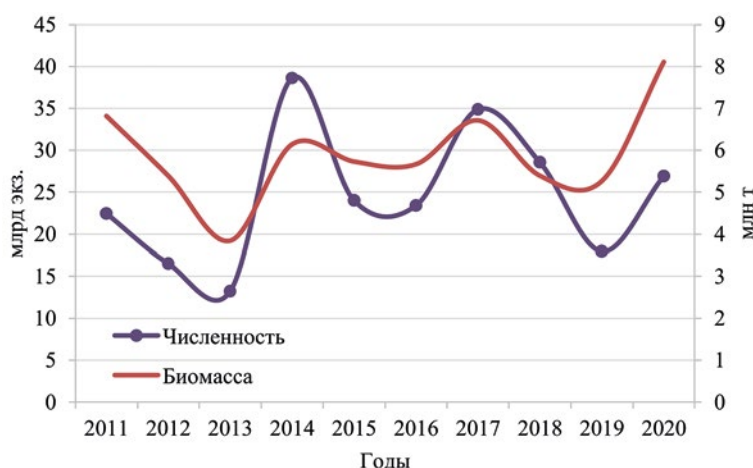


Рис. 6. Динамика численности и биомассы минтая в Северо-Охотоморской подзоне в 2011–2020 гг.
Fig. 6. Dynamics of pollock abundance and biomass in the North Okhotsk subzone in 2011–2020

53,9 млрд экз., после чего последовало снижение до 45,3 млрд экз. в 2019 г. В 2020 г. появилась незначительная тенденция к увеличению численности минтая.

Межгодовые изменения биомассы общего запаса имели сходные тенденции (рис. 7). Так начало десятилетия охарактеризовалось снижением биомассы до минимальных за рассматриваемый период значений – 7,5 млн т, после чего последовал стремительный подъём до 12,3 млн т, в последующие годы (2014–2019 гг.) биомасса стабилизировалась на уровне 11–12 млн т. В 2020 г. наблюдалось увеличение биомассы до 14,6 млн т.

На распределение минтая в западнокамчатских подзонах и Северо-Охотоморской подзоне в последние десятилетия в большей степени оказывали влияние текущий уровень запаса и гидрологическая ситуация [Фадеев, 2001; Смирнов, Авдеев, 2003; Овсянников и др., 2013; Овсянников, Пономарев, 2014].

В холодные по гидрологическим условиям годы распространение минтая ограничивалось 148° в. д., когда скопления наибольшей плотности в основном распределялись в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах. В тёплые по гидрологическим условиям годы плотные скопления нерестового минтая обнаруживались и на североохотоморском шельфе.

По данным комплексных съёмок, проведённых в северной части Охотского моря, по гидрологическим параметрам период с 2011 по 2020 гг. оценивался, как тёплый. В этот период наблюдаются значительные изменения в распределении минтая по сравнению с предыдущим десятилетием. Если в 2000-е гг. более половины нерестового запаса минтая было учтено в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах, то в последнее десятилетие его большая часть учитывалась в Северо-Охотоморской подзоне, за исключением 2018 и 2019 гг. (рис. 8).

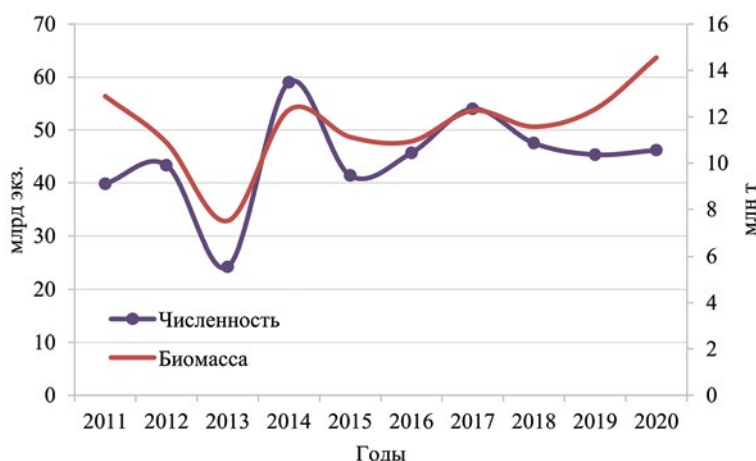


Рис. 7. Динамика численности и биомассы минтая в северной части Охотского моря в 2011–2020 гг.
Fig. 7. Dynamics of pollock abundance and biomass in the northern part The Sea of Okhotsk in 2011–2020

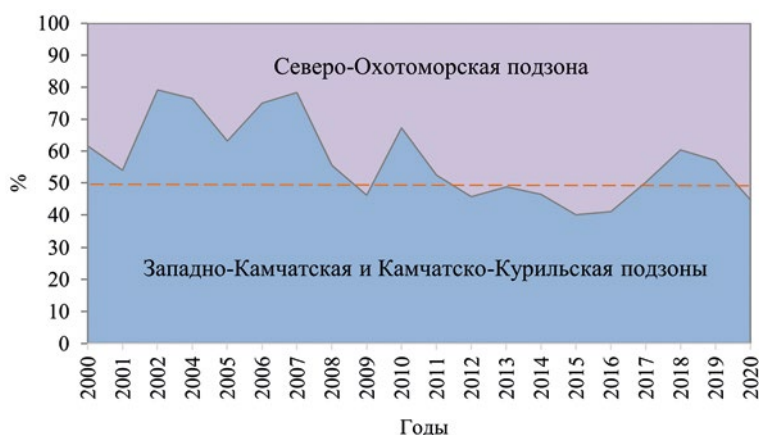


Рис. 8. Соотношение распределения биомассы нерестового запаса минтая в Охотском море в весенний период 2000-х и 2010-х гг.
Fig. 8. Distribution ratio of pollock spawning stock biomass in the Sea of Okhotsk in the spring period of the 2000s and 2010s

Однако, несмотря на межгодовые различия в распределении минтая по рассматриваемым подзонам, можно отметить их практически равный вклад в воспроизводство минтая в северной части Охотского моря в период 2011–2020 гг. (рис. 8).

В период 2011–2020 гг. тенденции изменения вылова минтая в Северо-Охотоморской подзоне и в водах Западной Камчатки совпадали. Общий вылов в северо-восточной части Охотского моря изменялся в пределах 815,3–1053,9 тыс. т. Минимальный вылов наблюдался в 2014 г., максимальный — в 2020 г. [Варкентин, Сергеева, 2017; Варкентин, Коломейцев, 2018; Смирнов и др., 2019; Кулик и др., 2020].

В Северо-Охотоморской подзоне в прошлом десятилетии вылов минтая изменялся от 294,7 до 381,9 тыс. т. С 2011 г. по 2014 г. наблюдалось снижение вылова с 328,4 тыс. т до минимального за рассматриваемое десятилетие значения — 294,7 тыс. т. В последующие 2 года вылов увеличивался и в период 2016–2019 гг. стабилизировался на уровне 345,0–346,9 тыс. т. В 2020 г. появилась тенденция к увеличению вылова (рис. 9).

В рассматриваемое десятилетие суммарный вылов минтая в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах колебался от 520,6 до 673,0 тыс. т. В период с 2011 г. по 2014 г. вылов с 572,2 тыс. т снизился до 520,6 тыс. т, далее последовало его увеличение, и в 2016–2019 гг. он стабилизировался на уровне 513,2–614,6 тыс. т.

Эффективность использования сырьевой базы рыболовным флотом определяется процентом освоения ресурсов, рекомендованных научными рыбохозяйственными институтами для добычи (вылова). В случае с минтаем северо-восточной части Охотско-

го моря ресурс осваивался максимально. Для Северо-Охотоморской подзоны освоение ОДУ минтая в период с 2011 по 2020 гг. составляло 98–99,9% (в среднем 99,2%). Диапазон освоения ОДУ в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах в период 2011–2020 гг. находился в очень широких пределах и составлял 45,6–144,0% (в среднем 85,5%) и 40,5–167,9% (в среднем 115,9%), соответственно. Такие различия в освоении ОДУ минтая в двух смежных подзонах связаны с возможностью перераспределения ресурса между подзонами в период промысла. Так, низкому освоению ОДУ минтая в Западно-Камчатской подзоне в 2011–2012 гг. (51,2–75,3%) и 2016–2020 гг. (45,6–83,9%) соответствовало очень высокое освоение в Камчатско-Курильской подзоне (в 2011–2012 гг. — 126,8–157,3%, в 2016–2020 гг. — 118,2–167,9%), а высокому освоению в Западно-Камчатской подзоне в 2013–2014 гг. (120,3–131%) соответствовало низкое освоение в Камчатско-Курильской подзоне (58–71%). В целом по двум западнокамчатским подзонам за период 2011–2020 гг. освоение составило 97,8–99,6% (в среднем 99,8%). В северной части Охотского моря за рассматриваемый период освоение ОДУ минтая по всем трём подзонам составило 97,9–99,7%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ структуры запасов минтая в Северо-Охотоморской, Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах Охотского моря показывает их значительную неоднородность. Так высокоурожайное поколение 2011 г. в возрасте 1 года выделялось в структуре запаса восточноохотоморского минтая, но практически не выделялось в структуре североохото-

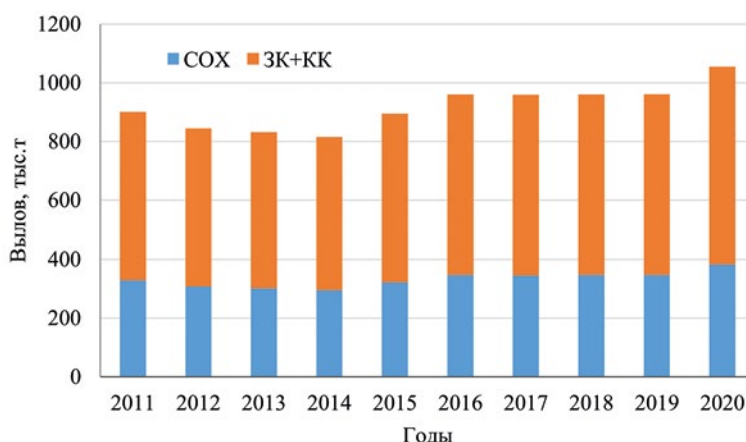


Рис. 9. Динамика вылова минтая в Северо-Охотоморской, Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской промысловых подзонах в 2011–2020 гг.

Fig. 9. Dynamics of pollock catch in the North Okhotsk, West Kamchatka and Kamchatka-Kuril fishing subzones in 2011–2020

морского. Однако высокоурожайное поколение 2013 г. рождения было проявлено только в структуре запаса североохотоморского стада минтая. В 2014 г. (в возрасте 1 года) его численность в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах составила 1,252 млрд экз., в Северо-Охотоморской подзоне — 18,233 млрд экз. Особи поколения 2013 г. доминировали в структуре 2-х стад в период с 2016 по 2019 гг. В целом можно отметить, что несмотря на неоднородность размерно-возрастной структуры минтая в рассматриваемых подзонах, наличие высокоурожайных поколений обычно проявляется для всей северной части Охотского моря.

Биомасса восточноохотоморского минтая в период 2011–2013 гг. стремительно сокращалась, упав в 2013 г. до минимального значения (3,7 млн т). Снижение было обусловлено естественным уменьшением половозрелой части стада, сформированной поколениями второй половины 2000-х гг., и низкой составляющей ближнего пополнения. В 2014 г. биомасса увеличилась в 2 раза относительно предыдущего года, составив 6,1 млн т. Одной из причин столь резкого всплеска было частичное перераспределение минтая в возрасте 4–5 лет из западной части моря. В 2015 г. биомасса снизилась на 400 тыс. т и в течение 3-х лет оставалась на уровне 5,3–5,5 млн т. С 2016 по 2019 гг. в структуре запаса выделялось высокоурожайное поколение 2013 г. За счёт весового роста особей этого поколения биомасса стада росла, достигнув в 2019 г. самого высокого за рассматриваемый период показателя в 7,1 млн т. В 2020 г. произошло снижение биомассы на 600 тыс. т.

В Северо-Охотоморской подзоне в начале рассматриваемого периода биомасса минтая также снижалась, достигнув в 2013 г. минимальной величины 3,8 млн т. Сокращение запаса было связано с выбыванием из промыслового стада высокочисленных поколений предыдущего десятилетия. В 2014 г. в связи с вступлением в запас высокоурожайного поколения 2013 г. наблюдался самый высокий за рассматриваемый период уровень его численности и относительно высокая биомасса (6,1 млн т). После чего запас несколько снизился и в период 2015–2016 г. находился на уровне 5,7 млн т, в 2017 г. увеличился до 6,7 млн т, далее снизился и в течение 2-х лет составлял 5,3–5,4 тыс. т. В 2020 г. произошло резкое увеличение запаса до максимального в рассматриваемый период уровня — 8,1 млн т.

Обобщённые данные по величине общего запаса минтая северо-восточной части Охотского моря показали изменение численности от 24,2 млрд экз. (2013 г.) до 59 млрд экз. (2014 г.). Наиболее значи-

тельные колебания наблюдались в первой половине рассматриваемого десятилетия — в 2011–2014 гг. В последующий период до 2017 г. численность общего запаса постепенно увеличивалась с 41,3 до 53,9 млрд экз., после чего последовало его снижение до 45,3 млрд экз. в 2019 г. В 2020 г. проявилась тенденция к увеличению численности минтая.

Межгодовые изменения биомассы общего запаса имели сходные тенденции. Так начало десятилетия охарактеризовалось снижением биомассы до минимальных за рассматриваемый период значений — 7,5 млн т, после чего последовал стремительный подъём до 12,3 млн т, и в последующие годы (2014–2019 гг.) биомасса стабилизировалась на уровне 11–12 млн т. В 2020 г. наблюдалось увеличение биомассы до 14,6 млн т.

По гидрологическим условиям период 2011–2020 гг. оценивался, как тёплый. В этот период наблюдаются значительные изменения в распределении минтая по сравнению с предыдущим десятилетием. Если в 2000-е гг. более половины нерестового запаса минтая было учтено в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах, то в последнее десятилетие его большая часть учитывается в Северо-Охотоморской подзоне. В целом для рассматриваемого периода, несмотря на межгодовые различия в распределении, отмечается практически равный вклад Северо-Охотоморской и камчатских подзон в воспроизводство минтая в северной части Охотского моря.

В период 2011–2020 гг. тенденции изменения вылова минтая в Северо-Охотоморской подзоне и камчатских подзонах совпадали. Общий вылов в северо-восточной части Охотского моря изменялся в пределах 815,3–1053,9 тыс. т. С 2011 до 2014 гг. наблюдалось снижение вылова с 900,7 тыс. т до минимального за рассматриваемое десятилетие значения — 815,3 тыс. т. В последующие 2 года вылов увеличивался и в период 2016–2019 гг. стабилизировался на уровне 960 тыс. т. В 2020 г. вылов минтая в трёх подзонах северо-восточной части Охотского моря достиг максимальной за десятилетие величины — 1053,9 тыс. т.

Эффективность использования минтая в северо-восточной части Охотского моря характеризуется максимальными значениями. Для Северо-Охотоморской подзоны освоение ОДУ минтая в период с 2011 по 2020 гг. колебалось в пределах 98–99,9%, для западнокамчатских подзон — 97,8–99,6%. В целом за рассматриваемый период освоение ОДУ минтая по трём подзонам составило 97,9–99,7%, в среднем — 99%, что означает максимальное освоение ресурса.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа не имела дополнительного финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Авдеев Г.В., Смирнов А.В., Фронек С.Л. 2001. Основные черты динамики численности минтая в северной части Охотского моря в 90-е гг. // Известия ТИНРО. Т. 128. С. 207–221.
- Авдеев Г.В., Овсянникова С.Л., Овсянников Е.Е. 2005. Результаты оценки запасов минтая в северной части Охотского моря по ихтиопланктонной съёмке в 2004 г. // Вопросы рыболовства. Т. 6. № 2 (22). С. 298–325.
- Авдеев Г.В., Овсянникова С.Л., Овсянников Е.Е., Жигалов И.А. 2008. Особенности нереста минтая в северной части Охотского моря в 2004–2006 гг. // Известия ТИНРО. Т. 152. С. 80–90.
- Балыкин П.А., Буслов А.В., Варкентин А.И., Золотов О.Г., Сергеева Н.П. 2002. Тенденции в изменении запасов минтая в восточной части Охотского моря и их состояние // Вопросы рыболовства. Т. 3. Вып. 4. С. 667–674.
- Буслов А.В., Бонк А.А., Варкентин А.И., Золотов А.О. 2006. Определение недоучета вылова минтая и сельди: методические подходы и результаты // Труды ВНИРО. Т. 145. С. 322–328.
- Буслов А.В., Сергеева Н.П. 2008. Анализ эффективности использования коэффициентов «выхода икры», как меры регулирования промысла минтая (*Theragra chalcogramma*), на примере вод западной Камчатки // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 10. С. 109–115.
- Варкентин А.И., Сергеева Н.П. 2002. Промысел и размерно-возрастной состав минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) в промысловых уловах в восточной части Охотского моря // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 6. С. 75–86.
- Варкентин А.И., Сергеева Н.П. 2017. Промысел минтая (*Theragra chalcogramma*) в прикамчатских водах в 2003–2015 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 47. С. 5–45.
- Варкентин А.И., Коломейцев В.В. 2018. Некоторые итоги охотоморской минтаевой путины в 2018 г. // Рыбное хозяйство. № 5. С. 40–51.
- Волвенко И.В. 1998. Проблемы количественной оценки обилия рыб по данным траловой съёмки // Известия ТИНРО. Т. 124. С. 473–500.
- Глебова С.Ю., Хен Г.В. 2002. Особенности синоптической обстановки над Охотским морем в 1997 и 2000 гг. // Известия ТИНРО. Т. 130. С. 71–78.
- Датский А.В., Кулик В.В., Датская С.А. 2021. Динамика обилия массовых промысловых рыб дальневосточных морей и прилегающих районов открытой части Тихого океана и влияющие на неё факторы // Труды ВНИРО. Т. 186. № 4. С. 31–77.
- Зверькова Л.М. 2003. Минтай. Биология, состояние запасов // Владивосток: ТИНРО-Центр. 247 с.
- Зверькова Л.М. 2007. Динамика запаса минтая в Охотском море в связи с долгопериодными изменениями условий обитания // Труды ВНИРО. Т. 9. С. 71–81.
- Коломейцев В.В. 2020. Изменчивость Западно-Камчатского течения зимой 1994–2019 гг. по альтиметрическим данным // Известия ТИНРО. Т. 200. Вып. 2. С. 412–426.
- Кузнецов В.В. 2001. Запас минтая у западной Камчатки // Рыбное хозяйство. Вып. 1. С. 21–24.
- Кузнецова Е.Н., Кузнецов В.В. 2001. Размерно-возрастная структура нерестового стада восточноохотоморского минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) в 90-е годы // Вопросы ихтиологии. Т. 41. № 3. С. 342–346.
- Кузнецов В.В., Котенев Б.Н., Кузнецова Е.Н. 2008. Популяционная структура запаса минтая *Theragra chalcogramma* северной части Охотского моря и вопросы его промыслового использования // Вопросы рыболовства. 2008. Т. 9. № 1. С. 110–127.
- Кулик В.В., Варкентин А.И., Ильин О.И. 2020. Стандартизация уловов на усилие минтая в северной части Охотского моря с учетом некоторых факторов среды // Известия ТИНРО. Т. 200 (4). С. 819–836.
- Мельников И.В. 2006. К методике выполнения крупномасштабных пелагических траловых съёмок // Труды ВНИРО. Т. 146. С. 118–132.
- Овсянников Е.Е. 2009. Оценка урожайности поколений минтая в северной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 157. С. 64–80.
- Овсянников Е.Е., Овсянникова С.Л., Шейбак А.Ю. 2013. Динамика и структура запасов минтая в северной части Охотского моря в 2000-е гг. // Известия ТИНРО. Т. 172. С. 133–148.
- Овсянников Е.Е., Пономарев С.С. 2014. Оценка состояния запасов минтая в Охотском море весной 2013 г. // Известия ТИНРО. Т. 177. С. 114–124.
- Пыrkov В.Н., Солодилов А.В., Дегай А.Ю. 2015. Создание и внедрение новых спутниковых технологий в системе мониторинга рыболовства // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 12, № 5. С. 251–262.
- Смирнов А.В., Авдеев Г.В. 2003. Динамика размерно-возрастной структуры и формирование промыслового запаса охотоморского минтая в конце 1990-х — начале 2000-х гг. // Известия ТИНРО. Т. 135. С. 94–112.
- Смирнов А.В., Авдеев Г.В., Николаев А.В., Шевцов В.И. 2006. Об оценке запасов охотоморского минтая инструментальными методами // Труды ВНИРО. Т. 146. С. 257–296.
- Смирнов А.А., Прикоки О.В. 2011. Влияние ледовитости на вылов и урожайность поколений минтая в северной ча-

- сти Охотского моря // Вопросы промысловой океанологии. Вып. 8. № 1. С. 240–244.
- Смирнов А.А., Омелеченко Ю.В., Елатинцева Ю.А., Семенов Ю.К., Ткаченко А.А. 2019. Особенности промысла минтая (*Theragra chalcogramma*) в январе-апреле 2019 г. в северной части Охотского моря // Рыбное хозяйство. № 4. С. 59–67.
- Хен Г.В., Ванин Н.С., Физуркин А.Л. 2002. Особенности гидрологических условий в северной части Охотского моря во второй половине 90-х гг. // Известия ТИНРО. Т. 130. С. 24–43.
- Хен Г.В., Устинова Е.И., Физуркин А.Л., Зуенко Ю.И., Новиков Ю.В., Сорокин Ю.Д., Гаманюк М.В. 2004. Гидрологические условия северо-западной части Тихого океана и дальневосточных морей в начале 21 века и ожидаемые тенденции // Вопросы промысловой океанологии. Вып. 1. С. 40–58.
- Шатилина Т.А., Никитин А.А., Муктенавел Л.С. 2002. Особенности атмосферной циркуляции при аномальных океанологических условиях в Японском, Охотском морях и прилегающей части Тихого океана // Известия ТИНРО. Т. 130. С. 79–94.
- Фадеев Н.С. 1987. Нерестилища и сроки размножения минтая в северной части Охотского моря // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 5–22.
- Фадеев Н.С. 2001. Урожайность поколений североохотоморского минтая // Вопросы рыболовства. Т. 2. № 2 (6). С. 75–91.
- Фадеев Н.С., Веспестад В. Дж. 2001. Обзор промысла минтая // Известия ТИНРО. Т. 128. С. 75–91.
- Физуркин А.Л., Жигалов И.А., Ванин Н.С. 2008. Океанологические условия в Охотском море в начале 2000-х гг. // Известия ТИНРО. Т. 152. С. 240–252.
- Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. 426 с.
- Шунтов В.П. 2001. Биология дальневосточных морей России. Владивосток: ТИНРО-Центр. Т. 1. 580 с.
- Шунтов В.П. 2016. Биология дальневосточных морей России. Владивосток: ТИНРО-Центр. Т. 2. 604 с.
- Chilton D.E., Bemish R.J. 1982. Age determination methods for fishes studied by the ground fish program at the Pacific Biological Station // Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. V. 60. 102 p.
- REFERENCES**
- Avdeev G.V., Smirnov A.V., Fronek S.L. 2001. The main features of pollock population dynamics in the northern part of the Sea of Okhotsk in the 90s. // Izvestia TINRO. V. 128. P. 207–221. (In Russ.).
- Avdeev G.V., Ovsyannikova S.L., Ovsyannikov E.E. 2005. Results of pollock stocks assessment in the northern part of the Sea of Okhotsk by ichthyoplankton survey in 2004 // Voprosy rybolovstva. V. 6. № 2 (22). P. 298–325. (In Russ.).
- Avdeev G.V., Ovsyannikova S.L., Ovsyannikov E.E., Zhigalov I.A. 2008. Features of pollock spawning in the northern part of the Sea of Okhotsk in 2004–2006 // Izvestia TINRO. V. 152. P. 80–90. (In Russ.).
- Balykin P.A., Buslov A.V., Varkentin A.I., Zolotov O.G., Sergeeva N.P. 2002. Trends in pollock stocks in the eastern part of the Sea of Okhotsk and their condition // Voprosy rybolovstva. V. 3. № 4. P. 667–674. (In Russ.).
- Buslov A.V., Bonk A.A., Varkentin A.I., Zolotov A.O. 2006. Determination of under-accounting of pollock and herring catch: methodological approaches and results // Trudy VNIRO. V. 145. P. 322–328. (In Russ.).
- Buslov A.V., Sergeeva N.P. 2008. Analysis of the effectiveness of using the coefficients of “caviar yield” as a measure of regulation of pollock fishing (*Theragra chalcogramma*), using the example of the waters of Western Kamchatka // Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the north-western part of the Pacific Ocean. Is. 10. P. 109–115. (In Russ.).
- Varkentin A.I., Sergeeva N.P. 2002. Fishing and size-age composition of pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas) in commercial catches in the eastern part of the Sea of Okhotsk // Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the north-western part of the Pacific Ocean. Is. 6. P. 75–86. (In Russ.).
- Varkentin A.I., Sergeeva N.P. 2017. Pollock fishing (*Theragra chalcogramma*) in the Kamchatka waters in 2003–2015 // Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the north-western part of the Pacific Ocean. Is. 47. P. 5–45. (In Russ.).
- Varkentin A.I., Kolomeitsev V.V. 2018. Some results of the Okhotsk Pollock fishing in 2018 // Fish industry. № 5. P. 40–51. (In Russ.).
- Volvenko I.V. 1998. Problems of quantifying the abundance of fish according to trawl survey data // Izvestia TINRO. V. 124. P. 473–500. (In Russ.).
- Glebova S. Yu., Hen G.V. 2002. Features of the synoptic situation over the Sea of Okhotsk in 1997 and 2000 // Izvestia TINRO. V. 130. P. 71–78. (In Russ.).
- Datsky A.V., Kulik V.V., Datskaya S.A. 2021. Dynamics of abundance of mass commercial fish of the Far Eastern seas and adjacent areas of the open Pacific Ocean and factors affecting it // Trudy VNIRO. V. 186. № 4. P. 31–77. (In Russ.).
- Zverkova L.M. 2003. Pollock. Biology, stock status // Vladivostok: TINRO-Centr. 247 p. (In Russ.).
- Zverkova L.M. 2007. Dynamics of pollock stock in the Sea of Okhotsk due to long-period changes in habitat conditions // Trudy VNIRO. V. 9. P. 71–81. (In Russ.).
- Kolomeitsev V.V. 2020. Variability of the West Kamchatka current in winter 1994–2019 according to altimetric data // Izvestia TINRO. V. 200. P. 412–426. (In Russ.).
- Kuznetsov V.V. 2001. Pollock stock near western Kamchatka // Fish industry. № 1. P. 21–24. (In Russ.).
- Kuznetsova E.N., Kuznetsov V.V. 2001. The size and age structure of the spawning herd of the East Sea pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas) in the 90s // Voprosy ikhtiologii. V. 41, Is. 3. P. 342–346. (In Russ.).
- Kuznetsov V.V., Kotenev B.N., Kuznetsova E.N. 2008. Population structure of the pollock stock *Theragra chalcogramma* of the northern part of the Sea of Okhotsk and issues of its commercial use // Voprosy rybolovstva. V. 9. № 1. P. 110–127. (In Russ.).

- Kulik V.V., Varkentin A.I., Ilyin O.I. 2020. Standardization of catches for pollock effort in the northern part of the Sea of Okhotsk, taking into account some environmental factors // *Izvestia TINRO*. V. 200 (4). P. 819–836. (In Russ.).
- Melnikov I.V. 2006. On the methodology of performing large-scale pelagic trawl surveys // *Trudy VNIRO*. V. 146. P. 118–132. (In Russ.).
- Ovsyannikov E.E. 2009. Assessment of the yield of pollock generations in the northern part of the Sea of Okhotsk // *Izvestia TINRO*. V. 157. P. 64–80. (In Russ.).
- Ovsyannikov E.E., Ovsyannikova S.L., Sheibak A. Yu. 2013. Dynamics and structure of pollock stocks in the northern part of the Sea of Okhotsk in the 2000s // *Izvestia TINRO*. V. 172. P. 133–148. (In Russ.).
- Ovsyannikov E.E., Ponomarev S.S. 2014. Assessment of pollock stocks in the Sea of Okhotsk in spring 2013 // *Izvestia TINRO*. V. 177. P. 114–124. (In Russ.).
- Pyrkov V.N., Solodilov A.V., Degaj A. Yu. 2015. Development and implementation of new satellite techniques in the fishery monitoring system // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. V. 12. (5). P. 251–262. (In Russ.).
- Smirnov A.V., Avdeev G.V. 2003. The dynamics of the size and age structure and the formation of the commercial stock of the Okhotsk Sea pollock in the late 1990s – early 2000s // *Izvestia TINRO*. V. 135. P. 94–112. (In Russ.).
- Smirnov A.V., Avdeev G.V., Nikolaev A.V., Shevtsov V.I. 2003. On the assessment of stocks of the Okhotsk sea pollock by instrumental methods // *Trudy VNIRO*. V. 146. P. 257–296. (In Russ.).
- Smirnov A.A., Prikoki O.V. 2011. The influence of ice cover on the catch and yield of pollock generations in the northern part of the Sea of Okhotsk // *Voprosy promyslovoj okeanologii*. Is. 8, № 1. P. 240–244. (In Russ.).
- Smirnov A.A., Omelchenko Yu.V., Yelatantseva Yu.A., Semenov Yu.K., Tkachenko A.A. 2019. Features of pollock fishing (Theragra chalcogramma) in January–April 2019 in the northern part of the Sea of Okhotsk // *Fish industry*. № 4. P. 59–67. (In Russ.).
- Hen G.V., Vanin N.S., Figurkin A.L. 2002. Features of hydrological conditions in the northern part of the Sea of Okhotsk in the second half of the 90s // *Izvestia TINRO*. V. 130. P. 24–43. (In Russ.).
- Hen G.V., Ustinova E.I., Figurkin A.L., Zuenko Yu.I., Novikov Yu.V., Sorokin Yu. D., Gamanuk M.V. 2004. Hydrological conditions of the Northwestern Pacific Ocean and the Far Eastern seas at the beginning of the 21st century and expected trends // *Voprosy promyslovoj okeanologii*. Is. 1. P. 40–58. (In Russ.).
- Shatilina T.A., Nikitin A.A., Muktepavel L.S. 2002. Features of atmospheric circulation under abnormal oceanological conditions in the Sea of Japan, the Sea of Okhotsk and the adjacent part of the Pacific Ocean // *Izvestia TINRO*. V. 130. P. 79–94. (In Russ.).
- Fadeev N.S. 1987. Spawning grounds and breeding dates for pollock in the northern part of the Sea of Okhotsk // *Population structure, population dynamics and ecology of pollock*. Vladivostok: TINRO. P. 5–22. (In Russ.).
- Fadeev N.S. 2001. Productivity of generations of the North Sea pollock // *Voprosy rybolovstva*. V. 2. № 2 (6). P. 75–91. (In Russ.).
- Fadeev N.S., Vespestad V. 2001. Walleye pollock fishing survey // *Izvestia TINRO*. V. 128. P. 75–91. (In Russ.).
- Figurkin A.L., Zigalov I.A., Vanin N.S. 2008. Oceanological conditions in the Sea of Okhotsk in the early 2000s // *Izvestia TINRO*. V. 152. P. 240–252. (In Russ.).
- Shuntov V.P., Volkov A.F., Temnykh O.S., Dulepova E.P. 1993. Walleye pollock in ecosystems of the Far Eastern seas. Vladivostok: TINRO. 426 p. (In Russ.).
- Shuntov V.P. 2001. Biology of the Far Eastern seas of Russia. Vladivostok: TINRO-Centr. V. 1. 580 p. (In Russ.).
- Shuntov V.P. 2016. Biology of the Far Eastern seas of Russia. Vladivostok: TINRO-Centr. V. 2. 604 p. (In Russ.).
- Chilton D.E., Bemish R.J. 1982. Age determination methods for fishes studied by the ground fish program at the Pacific Biological Station // *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* V. 60. 102 p.

Поступила в редакцию 11.04.2022 г.
Принята после рецензии 21.04.2022 г.

Промысловые виды и их биология

О гибели каспийских тюленей на дагестанском побережье Каспийского моря осенью 2020 г. и её возможных причинах

В.В. Рожнов¹, В.А. Бизиков², М.-Р.Д. Магомедов³, М.А. Соловьёва¹, С.В. Шипулин², В.В. Кузнецов², И.В. Суворова⁴, Л.К. Сидоров², И.Ф. Белокобыльский², В.В. Проскурина²

¹ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (ФГБУН «ИПЭЭ РАН»), Ленинский проспект, 33, Москва, 119071

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

³ Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского ФИЦ РАН (ФГБУН «ПИБР ДФИЦ РАН») ул. М. Гаджиева, 45, г. Махачкала, 367000

⁴ ООО «Центр океанографии и морской биологии «Москвариум», Проспект Мира, 119, стр. 23, Москва, 129223

E-mail: bizikov@vniro.ru

Цель работы состояла в оценке масштабов и определении возможных причин гибели каспийских тюленей (*Pusa caspica*), выброшенных штормом на побережье Республики Дагестан в начале декабря 2020 г. Трупы тюленей были отмечены на участке побережья длиной около 205 км, от района устья р. Терек до южных окраин г. Дербент.

Основными методами сбора материала были: количественный учёт погибших тюленей на открытых (не заросших растительностью) участках побережья, промеры и патологоанатомические вскрытия трупов, отбор проб внутренних органов и тканей животных для проведения гистологических, вирусологических, гельминтологических и токсикологических исследований. Одновременно с береговыми работами наблюдения за тюленями в прибрежных водах Республики Дагестан проводили научно-исследовательские суда Каспийского филиала ФГБУН «ВНИРО» («КаспНИРХ»): «Исследователь Каспия» и «Гидробиолог».

В результате было обследовано 12 участков общей протяжённостью 49,2 км, на которых было зарегистрировано 313 трупов; средняя плотность выбросов составила $12,27 \pm 2,16$ экз./км. Общее количество погибших тюленей в декабре 2020 г. оценено в 2515 ± 443 особей. Среди погибших животных преобладали взрослые самки, большая часть которых была беременна. Трупы не имели признаков инфекционных болезней и истощения; судя по их состоянию, гибель животных произошла в течение первых двух декад ноября, на достаточном удалении от берега.

Заключение: анализ собранных данных позволил исключить из числа возможных причин гибели тюленей инфекционные болезни, гельминтозы, интоксикацию, попадание в орудия рыбных промыслов, воздействие подводной ударной волны. Наиболее вероятной причиной гибели признана острая асфиксия в результате локального выброса природного газа, образовавшего над поверхностью моря загазованную линзу воздуха, непригодного для дыхания.

Ключевые слова: каспийский тюлень *Pusa caspica*, смертность, экология, Каспийское море, флюидодинамическая активность, сейсмическая активность.

Death of the Caspian seals on the Dagestan coast of the Caspian Sea in the autumn of 2020 and its possible reasons

Vyacheslav V. Rozhnov¹, Vyacheslav A. Bizikov², Magomed-Rasul D. Magomedov³, Maria A. Solovyeva¹, Sergey V. Shipulin², Vasily V. Kuznetsov², Irina V. Suvorova⁴, Lev K. Sidorov², Ivan F. Belokobylsky², Victoria V. Proskurina²

¹ A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS («SIEE RAS»), 33, Leninskij prosp., Moscow, 119071, Russia

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

³ Caspian Institute of Biological Resources of the Dagestan FRC of RAS («CIBR DFRS RAS»), 45, Gadzhiev st., Makhachkala, Dagestan, 367000, Russia

⁴ LLC «Moskvarium» Prospekt Mira, 119 build. 23, Moscow, 129223, Russia

The aim of this research was to assess the scale and determine the possible reasons of the death of Caspian seals (*Pusa caspica*), that were washed up by a storm on the coast of the Republic of Dagestan in early December 2020. The corpses of seals were found on the Dagestan coast from the mouth of the Terek River to the southern outskirts of Derbent, in total about 205 km long.

The main methods of collecting material were: accounting of dead seals in open (not overgrown with vegetation) coastal areas, measurements and pathoanatomic autopsies of corpses, sampling of internal organs and tissues of animals for histological, virological, helminthological and toxicological studies. Simultaneously with the onshore work, observations of seals and registration of hydro-meteorological parameters in the coastal waters of the Republic of Dagestan were carried out by two research vessels of the Caspian branch of the Federal Research Institute for Fishery and Oceanography («KaspNIRH»): «Caspian Explorer» and «Hydrobiologist».

As a result, 12 coastal sites with a total length of 49.2 km were surveyed, where 313 corpses of dead seals were registered; the average density was 12.27 ± 2.16 specimens/km. The total number of dead seals in December 2020 was estimated at $2,515 \pm 443$ individuals. Adult females predominated among the dead animals, most of which were pregnant. The corpses showed no signs of infectious diseases or exhaustion. Judging by their condition, the death of animals occurred during the first two decades of November, at some distance from the shore. **Conclusion:** Basing on the data collected, infectious diseases, helminthiasis, intoxication, accident by catch in the fishing gears, and the impact of an underwater shock wave were excluded from the possible reasons of the death of seals. Acute asphyxia as a result of local release of natural gas, which could form above the sea surface a polluted lens of air unsuitable for breathing, was recognized as the most likely cause of the seals death.

Keywords: Caspian seal *Pusa caspica*, mortality, ecology, Caspian Sea, fluids activity, seismic activity.

ВВЕДЕНИЕ

Гибель каспийских тюленей (*Pusa caspica* Gmelin, 1788) в Северном и Среднем Каспии – довольно регулярное явление, оно известно давно, погибших тюленей называли «плывунами» [Чапский, 1932; Бадамшин, 1971; Слудский и др., 1981]. На побережье Астраханской области и Дагестана в 1920-е гг. существовал даже самостоятельный вид промысла по использованию «плывуна» для вытопки жира [Чапский, 1932]. На казахстанском побережье мёртвые тюлени появляются обычно весной, после распада льда, а на дагестанском побережье – осенью, в октябре-ноябре. При этом причины гибели тюленей в подавляющем большинстве случаев остаются неизвестны. Некоторые авторы [Чапский, 1932] предполагали, что ими могут быть инфекционные болезни, другие [Бадамшин, 1971] указывали на антропогенный фактор: зимний и, особенно, весенний промысел тюленя на льдах, взрывы на море при геологоразведочных изысканиях. Лишь для массовой гибели тюленей, произошедшей в 2000 г., удалось достоверно установить её истинную причину: ею оказалась чума плотоядных, осложнённая пастереллёзом и сальмонеллёзом [Отчет НИР¹ ..., 2000; Хураськин и др., 2002; Захарова, 2007; Pollack, 2001; Kuiken et al., 2006; Namroodi et al., 2018].

В начале декабря 2020 г. на побережье Дагестана произошёл массовый выброс мёртвых тюленей, который привлек наше внимание. Таким образом, цель нашей работы состояла в анализе собранного материала от погибших в декабре 2020 г. тюленей и выявлении причин их гибели.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Хронология событий. Первое сообщение об обнаружении трупа тюленя на берегу в черте города Махачкала появилось 22.11.2020 г. Поначалу этому факту не придали большого значения, поскольку

в осенний период во время сильных штормов море нередко выбрасывает на побережье Дагестана мёртвых тюленей. Однако к 06.12.2020 г. ситуация резко изменилась: на пляжах Махачкалы и Каспийска были обнаружены 17 погибших животных. Сразу после появления этой информации, в период 06–10.12.2020 г., представители Северо-Кавказского территориального управления Росрыболовства обследовали побережье Дагестана от г. Сулак до г. Дербент и сообщили об обнаружении 272 трупов тюленей. Для оценки масштабов происшествия и выяснения его возможных причин в период 10–18.12.2020 г. в Республике Дагестан работала научная экспедиция с участием сотрудников Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (ИПЭЭ РАН), Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), Прикаспийского института биологических ресурсов Дагестанского ФИЦ РАН (ПИБР ДФИЦ РАН) и Центра океанографии и морской биологии «Москвариум».

Работа экспедиции была организована двумя отрядами, в состав которых входили научные сотрудники и представители Северо-Кавказского территориального управления Росрыболовства. Один отряд проводил обследование береговой линии, выполняя пешие обходы или автомобильные объезды выбранных случайным образом участков побережья протяжённостью от 1,3 до 12,7 км. В период с 6 по 18 декабря 2020 г. обследовано каспийское побережье Республики Дагестан от п. Суюткино на севере до устья р. Самур на юге – суммарно около 330 км. Количественный учёт погибших тюленей проводили на песчаных пляжах – участках побережья, где подсчёт мог быть выполнен наиболее быстро и точно. Всего было обследовано 12 произвольно выбранных участков песчаных пляжей общей протяжённостью 49,24 км (рис. 1). На каждом участке фиксировали координаты и время начала и окончания его обследования, в ходе обходов участков учитывали все трупы тюленей, для каждого фиксировали его состояние, выполняли фоторегистрацию и, по возможности, опреде-

¹ Отчет о НИР «Мониторинг инфекций и инвазий промысловых видов рыб и оценка санитарного состояния водоема». КаспНИРХ. 2000. С. 112–113.

ляли пол, общую длину, отбирали пробы для последующего определения возраста, токсикологических, вирусологических, паразитологических, гормональных и гистологических анализов. По итогам обследования каждого участка составлялся акт по форме, предусмотренной Северо-Кавказским территориальным управлением Росрыболовства (СКТУ). Также при анализе были использованы устные сообщения инспекторов СКТУ о проведённых в этот же период обследованиях побережья Аграханского полуострова, города Каспийск и участка от города Дербент до устья р. Самур.

Другой отряд занимался патологоанатомическими исследованиями погибших тюленей и выезжал в районы, где ранее были зарегистрированы павшие животные. Не все из обнаруженных на берегу животных подходили для проведения патологоанатомического вскрытия: многие трупы находились в сильной степени разложения и были расклёваны птицами. Для характеристики состояния трупов, степени их разложения и определения вероятного времени наступления смерти были использованы терминология, критерии и методики, применяемые в современной судебной медицине [Судебная медицина, 2000; Кан, Беликов, 2002; Самищенко, 2021]. Патологоанатомическому вскрытию подвергались относительно свежие трупы с незначительными признаками разложения и минимальным расклёвом птицами брюшной полости. У исследованных тюленей выполняли морфометрию, аутопсию и неполное гельминтологическое вскрытие по К.И. Скрябину [1928]. В общей сложности из 313 обнаруженных трупов патологоанатомическое обследование было проведено для 13 павших тюленей (4 самца и 9 самок). К сожалению, остальные трупы тюленей были непригодны для патологоанатомического вскрытия из-за их состояния.

В ходе аутопсии для последующих гистологических исследований были отобраны и зафиксированы в 10% нейтральном формалине образцы тканей головного мозга, сердца, аорты, лёгких, печени, лимфоузлов, селезёнки, почек и желудка. Лабораторная обработка этих проб включала обезжизнение в стандартном ряду спиртов возрастающей крепости, заливку в парафиновые блоки, нарезку с помощью микротомы и окраску гематоксилином и эозином по стандартной методике [Ромейс, 1953].

Назальные, трахеальные, ректальные смывы, фрагменты тканей лёгкого, селезёнки, печени, почек были отобраны у вскрытых особей для вирусологических исследований на чуму плотоядных, коронавирусную и парвовирусные инфекции методом ПЦР-real time [Hawkins, Guest, 2016]. Скрининг 30 секционных

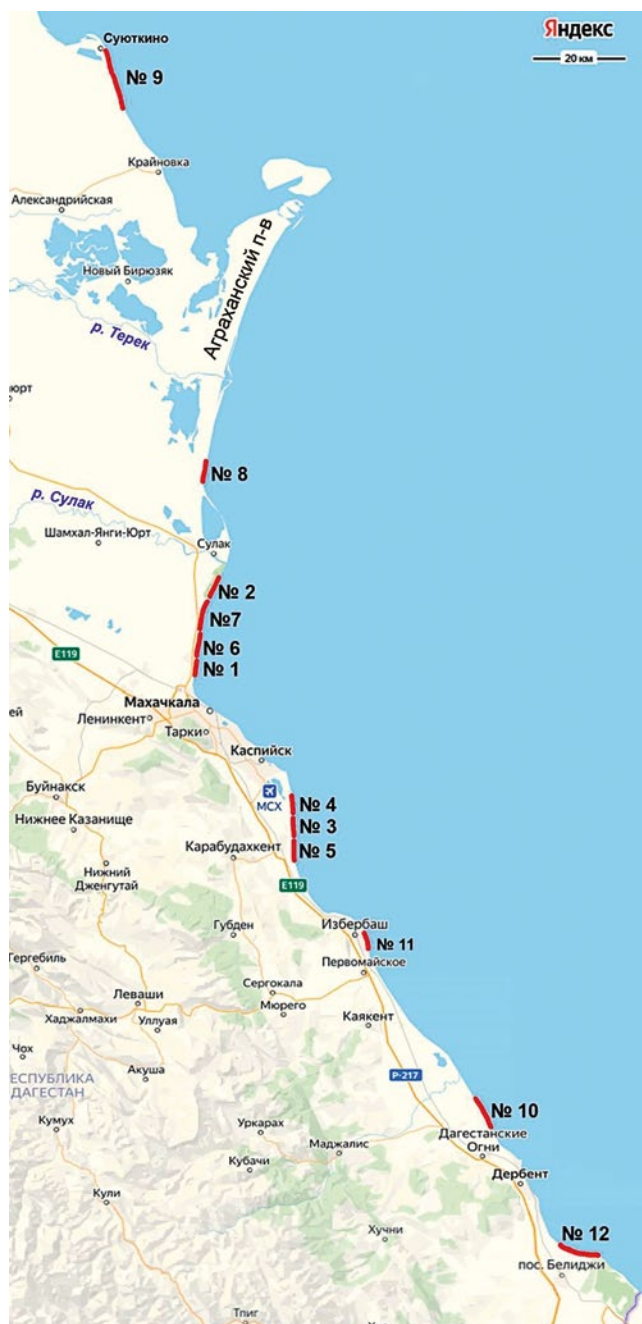


Рис. 1. Расположение участков учёта погибших тюленей на побережье Республики Дагестан в декабре 2020 г.

Fig. 1. Location of the dead seals registration sites on the coast of the Republic of Dagestan in December 2020

материалов (носовой и трахеальный смывы, ткани головного мозга, лёгких, почек, селезёнки, печени и толстого кишечника) от 9 погибших тюленей (1 самец и 8 самок) на наличие возбудителей основных вирусных инфекций морских млекопитающих и наземных плотоядных был проведён ТОО «НПЦ микробиологии и вирусологии» (Республика Казахстан).

Гельминты, обнаруженные в ходе вскрытия, были отобраны и зафиксированы в 70° этиловом спир-

те, а после доставки в лабораторию — просветлены в глицерине для дальнейшей идентификации.

Для токсикологических исследований у животных отбирали образцы жира, мышц, печени, почек, лёгких, крови, селезёнки и головного мозга. При вскрытии желудка учитывали степень его наполнения и видовой состав кормовых объектов. Ход и результаты патологоанатомического обследования каждой особи сопровождалось фото- и видео-фиксацией, по итогам обследования составлялся акт.

Для определения возраста отбирали образцы клыков, которые в ходе последующей лабораторной обработки подвергались декальцинации в 10%-ном растворе азотной кислоты, затем тонкостенные спилы наклеивали на предметные стекла при помощи гистологического клея и шлифовали. После получения шлифов необходимой толщины (от 0,3 до 0,15 мм) проводили их микроскопию. Возраст животного определяли по дентинным годовым кольцам и поясам цемента, залегающим радиально в цементе зуба [Клевезаль, 2007].

Одновременно с работой экспедиции на берегу в море в районе происшествия работали два научно-исследовательских судна Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «ВНИРО» «Исследователь Каспия» и «Гидробиолог», с борта которых проводились заборы проб воды и визуальные наблюдения за тюленями.

Для оценки метеорологической, гидрологической и сейсмической обстановки в Каспийском море во время гибели тюленей и предшествующего этому периода использовали данные с сайтов ЕСИМО — Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане,² сервиса прогноза погоды Ventusky³ и Единой геофизической службы РАН.⁴

РЕЗУЛЬТАТЫ

Численность и размерный состав погибших тюленей на побережье Дагестана. Результаты учёта погибших тюленей на обследованных участках представлены в табл. 1.

Северная граница встречаемости погибших тюленей проходила в районе устья р. Терек: на побережье Аграханского п-ова, о. Чечень и Кизлярского района выбросы тюленей отсутствовали. Южная граница выбросов тюленей проходила южнее города Дербент: обследование участка побережья между с. Моллагент и устьем р. Самур показало отсутствие там погибших тюленей (табл. 1). В связи с этим дальнейший расчёт численности выбросов тюленей и протяжённости

береговой линии в районе выбросов производился только для участка побережья, где выбросы тюленей были зафиксированы: от устья р. Терек до южных окраин г. Дербент.

Все тюлени, обнаруженные в ходе обследования дагестанского побережья в декабре 2020 г., были мертвы: не было встречено ни одного живого, ослабленного, агонизирующего или только что умершего животного. Все трупы находились на различных стадиях посмертного разложения. Поскольку трупы тюленей появились на побережье после продолжительных и сильных осенних штормов, продолжавшихся со второй половины ноября до первых чисел декабря, гибель этих животных, очевидно, произошла в открытом море, а место гибели могло находиться на значительном расстоянии от района выбросов.

Наиболее крупные скопления погибших тюленей имели место южнее города Каспийск, в районе между п. Зеленоморск и устьем р. Манасозень (участки № 3, 4 и 5) и от г. Махачкала до устья р. Сулак (участки № 1, 2, 6 и 7) (рис. 1, табл. 1). В районе от п. Зеленоморск до устья реки Манасозень плотность выбросов мёртвых тюленей варьировала от 9,11 до 25 экземпляров на 1 км береговой линии, в среднем 13,34 экз./км. К северу от г. Махачкала плотность выбросов варьировала от 9,60 до 19,84 экз./км; в среднем 13,78 экз./км.

Таким образом, общая протяжённость участка побережья Республики Дагестан, на котором были отмечены выбросы мёртвых тюленей, составила около 205 км, из которых было обследовано 49,2 км. На крайнем северном и крайнем южном учётных участках (№ 9 и 12, соответственно) общей протяжённостью 21,03 км выбросы тюленей отсутствовали. На оставшихся 10 учётных участках (открытые пляжи) было зарегистрировано 313 трупов тюленей; средняя плотность выбросов мёртвых тюленей составила $12,27 \pm 2,16$ экз./км (табл. 1). Исходя из общей протяжённости побережья, где были отмечены мёртвые тюлени, и с учётом средней плотности их выбросов на конкретных учётных участках открытых пляжей (часть побережья из 205 км была закрыта для прямых учётов тростниковыми зарослями, морскими песчаными грядами или устьями рек), путём экстраполяции на весь данный участок мы оценили общее количество погибших тюленей, выброшенных на побережье Республики Дагестан в ноябре-декабре 2020 г., в 2515 ± 443 особей.

Размеры погибших тюленей (зоологическая длина) варьировали от 92 см до 148 см. В размерном ряду тюленей выявлены две модальные груп-

² http://193.7.160.230/web/esimo/casp/surge/hfcst_casp.php.

³ <https://www.ventusky.com/>

⁴ http://www.ceme.gsras.ru/new/ssd_news.h

Таблица 1. Численность погибших тюленей на учётных участках побережья Республики Дагестан в декабре 2020 г. (обозначение участков см. на рис. 1)

Table 1. The number of dead seals found on the registration sites on the coast of the Republic of Dagestan in December 2020 (position of the registration sites is shown on Fig. 1)

№ п/п	Местоположение	Дата	Координаты		Протяжённость, км	Количество тюленей, экз.	Плотность, экз./км
			Начало участка	Конец участка			
1	г. Махачкала, микр. Караман-3	10.12.2020	43°2'52,69" с. ш.; 47°27'45,66" в. д.	43°3'33,43" с. ш.; 47°27'48,36" в. д.	1,26	25	19,84
2	Сулакская лагуна, гост. «Малибу»	11.12.2020	43°10'38,91" с. ш.; 47°29'31,47" в. д.	43°11'53,65" с. ш.; 47°30'13,02" в. д.	2,50	24	9,60
3	п. Зеленоморск, д/о «Кипарис» — сан. «Леззет»	12.12.2020	42°46'36,62" с. ш.; 47°42'56,71" в. д.	42°45'34,43" с. ш.; 47°42'58,84" в. д.	1,92	48	25,00
4	п. Зеленоморск, д/о «Кипарис» — п. Турали 6-е	12.12.2020	42°46'36,62" с. ш.; 47°42'56,71" в. д.	42°48'57,77" с. ш.; 47°42'46,22" в. д.	4,36	52	11,93
5	п. Манаскент, сан. «Леззет» — р. Манасозень	12.12.2020	42°45'28,83" с. ш.; 47°42'58,42" в. д.	42°43'24,64" с. ш.; 47°43'2,52" в. д.	3,84	35	9,11
6	с. Новочуртах, полигон «Солнце»	13.12.2020	43°8'54,47" с. ш.; 47°28'50,02" в. д.	43°7'46,24" с. ш.; 47°28'33,76" в. д.	2,17	34	15,74
7	Полигон «Солнце» — гост. «Малибу»	13.12.2020	43°8'54,47" с. ш.; 47°28'50,02" в. д.	43°10'38,91" с. ш.; 47°29'31,47" в. д.	3,36	45	13,39
8	Сулакский зал. — Юзбашский коллатор	14.12.2020	43°25'42,48" с. ш.; 47°29'32,97" в. д.	43°24'27,01" с. ш.; 47°29'17,30" в. д.	2,33	28	12,02
9	Канал Кизляр-Каспий — с. Суюткино	15.12.2020	44°5'26,13" с. ш.; 47°17'20,22" в. д.	44°11'56,79" с. ш.; 47°14'31,20" в. д.	12,70	0	0
10	р. Дарвагчай — пос. Андреевка	16.12.2020	42°10'7,20" с. ш.; 48°13'6,60" в. д.	42°12'23,84" с. ш.; 48°11'37,38" в. д.	4,68	18	3,85
11	г. Избербаш	16.12.2020	42°33'43,35" с. ш.; 47°54'2,05" в. д.	42°32'45,69" с. ш.; 47°54'13,11" в. д.	1,79	4	2,25
12	с. Моллакент (устье р. Рубас) и устьем р. Самур	15.12.2020	41°55'59,31" с. ш.; 48°23'32,49" в. д.	41°54'49,50" с. ш.; 48°29'8,36" в. д.	8,33	0	0
ИТОГО:					49,24	313	12,27*

Примечание: * — средняя плотность погибших тюленей в районе их выбросов была рассчитана без учёта участков № 9 (канал Кизляр — с. Суюткино) и № 12 (с. Моллакент — р. Самур), где мёртвые тюлени отсутствовали.

пы (рис. 2): многочисленная группа крупных тюленей длиной от 125 до 148 см (модальный интервал 130–134 см), составлявшая свыше 80% всех учтённых тюленей, и малочисленная группа мелких тюленей длиной от 92 см до 114 см (модальный интервал 95–99 см). Доля самок в совокупности составляла около 75%, причём, они абсолютно доминировали среди тюленей крупнее 125 см. Более половины самок были

беременны и имели вполне сформировавшийся плод (вторая половина беременности). Модальная группа мелких тюленей (92–114 см) была представлена неполовозрелыми самцами и самками примерно в равном соотношении.

Предварительная оценка возраста погибших тюленей (4 самца и 19 самок длиной от 96 см до 136 см), наряду с ранее опубликованными данными

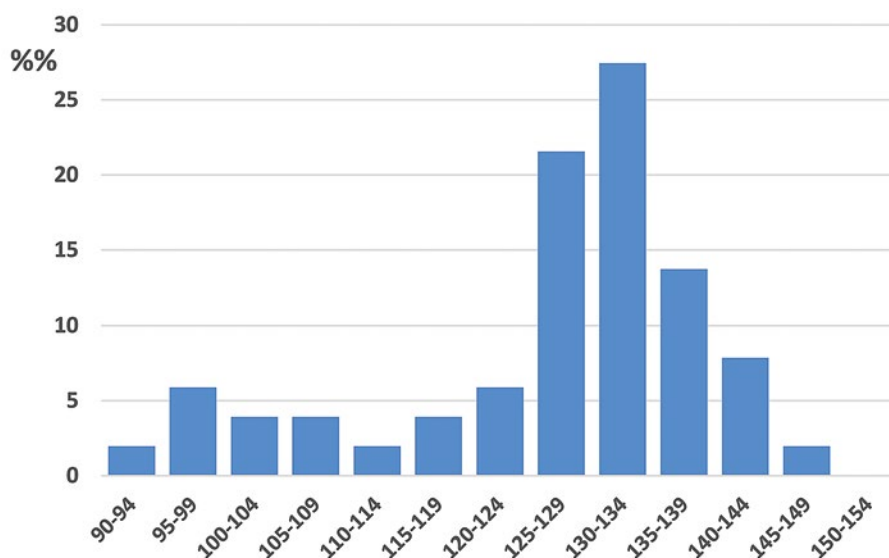


Рис. 2. Размерный состав погибших тюленей, выброшенных на побережье Республики Дагестан в ноябре-декабре 2020 г.
Fig. 2. Size composition of the dead seals beached on the coast of the Republic of Dagestan in November-December 2020

о возрасте и росте каспийского тюленя [Бадамшин, 1966; Хураськин, 1975⁵; Хураськин и др., 2001⁶], позволила сделать вывод о том, что многочисленная модальная группа крупных тюленей была представлена животными старше 7–8 лет, а малочисленная группа мелких тюленей – молодыми в возрасте от 2 до 5 лет.

Патологоанатомическое обследование мёртвых тюленей. Состояние 313 трупов тюленей, обнаруженных в декабре 2020 г. на дагестанском побережье, варьировало в широких пределах (рис. 3). Наиболее свежие трупы (от 3 до 7 суток с момента гибели) имели сохранившийся меховой покров и минимальные следы расклёва птицами глаз и брюшной полости (рис. 3 А). Более старые трупы имели умеренные признаки гнилостных изменений и, как правило, были сильно расклёваны птицами в области грудной и брюшной полостей (рис. 3 В). Места расклёва имели вид округлых отверстий диаметром 3–4 см, под которыми обычно была выедена обширная область мягких тканей, в несколько раз превышающая размер отверстия. Меховой покров на отдельных участках тела мог отсутствовать. Время смерти таких животных оценивалось в 1–2 недели до момента обнаружения. Ещё более старые трупы находились на стадии гнилостной эмфиземы и частичного гнилост-

ного расплавления (рис. 3 С). Меховой покров у них был в значительной степени утрачен, а тело – сильно раздуто от скопившихся газов. Время смерти таких животных оценивалось в 3–5 недель до момента обнаружения. Наконец, встречались и сильно разложившиеся частично скелетизированные и мумифицированные останки тюленей, погибших, по всей видимости, не менее чем за месяц до момента их обнаружения (рис. 3 D). Подавляющее большинство обнаруженных трупов тюленей – в совокупности свыше 80% из 313 обнаруженных трупов – находилось на стадиях умеренных гнилостных изменений и частичного гнилостного расплавления (рис. 3 В, С) [Судебная медицина, 2000; Кан, Беликов, 2002; Самищенко, 2021].

Диапазон трупных изменений свидетельствовал о гибели тюленей в разное время, однако количественное доминирование мёртвых животных второй и третьей групп указывало на то, основная масса тюленей погибла за 4–6 недель до момента обследования, т. е. в течение первых двух декад ноября. Поскольку на побережье Республики Дагестан живых, ослабленных, агонизирующих или только что умерших особей тюленя отмечено не было, их гибель произошла, по-видимому, на достаточном отдалении от места выбросов трупов на побережье Республики Дагестан, куда их могло принести течением и ветром.

Патологоанатомическому вскрытию подвергались только свежие трупы с незначительными признаками разложения и минимальным расклёвом. В общей сложности было проведено патологоанатомическое

⁵ Хураськин Л.С. 1975. Структурные особенности возрастного состава маточного поголовья каспийского тюленя // Отчётная сессия КаспНИРХа по работам 1973 г. Тез. докл. Астрахань, май 1975 г. Астрахань. С. 92–93.

⁶ Хураськин Л.С., Захарова Н.А., Кузнецов В.В., Ларцева Л.В., Валедская О.В., Хорошко В.И. 2001. Современное состояние популяции каспийского тюленя в Волго-Каспийском бассейне. Отчёт КаспНИРХ. Астрахань. 16 с.

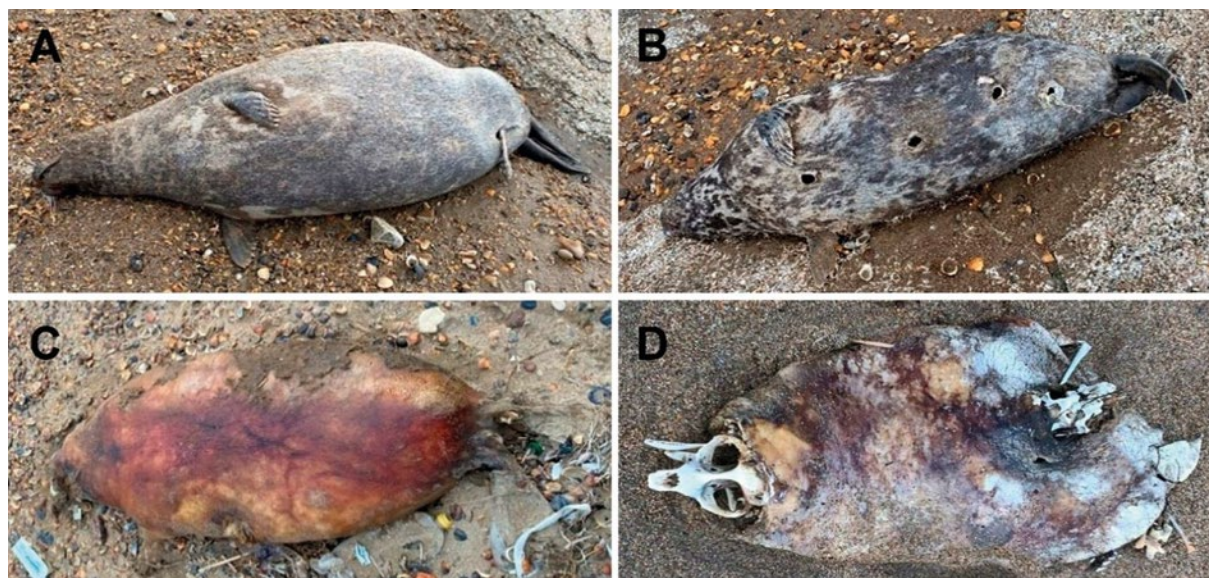


Рис. 3. Трупы каспийских тюленей с различной степенью посмертных изменений: А – свежий труп с минимальным расклёвом брюшной полости (3–4 дня с момента гибели); В – труп с признаками умеренного разложения и сильной степенью расклёва грудной и брюшной полости (около 2 недель с момента гибели); С – гнилостно-расплавляющийся труп с частично сохранившимся волосяным покровом (3–5 недель с момента гибели); D – частично скелетированный мумифицированный труп (свыше 5 недель с момента гибели)

Fig. 3. Corpses of Caspian seals with varying degrees of postmortem changes: A – a fresh corpse with minimally pecked abdominal cavity (3–4 days from the moment of death); B – a corpse with signs of moderate decomposition and a strongly pecked thoracic and abdominal cavity (about 2 weeks from the moment of death); C – a rotten-melting corpse with partially preserved hair (3–5 weeks from the moment of death); D – partially skeletonized mummified corpse (more than 5 weeks from the moment of death)

исследование 13 трупов тюленей: 9 самок длиной 130–145 см и 4 самца длиной 135–145 см. Информация о результатах вскрытия животных представлена в табл. 2.

Осмотр трупов и патологоанатомическое вскрытие тюленей показали отсутствие среди погибших тюленей истощённых особей. Напротив, все животные были хорошо упитаны: толщина подкожного жира составляла от 5,0 до 8,5 см, независимо от размера и пола.

Все исследованные трупы были в большей или меньшей степени расклёваны птицами. Чаще всего расклёву подвергались глаза, кишечник, желудок, а у беременных самок – матка и плод. Сохранность органов грудной клетки и головного мозга была выше вследствие большей их защищённости от расклёва.

Переломов костей черепа и осевого скелета, отпечатков рёбер на поверхности лёгких, кровоизлияний в среднем ухе и других повреждений, являющихся последствием гидродинамического удара, вызванного взрывом или иным внешним физическим воздействием, у обследованных животных не было выявлено. Характерные следы сетей или иных орудий рыбных промыслов были отмечены менее чем у 1% из 313 обследованных погибших особей.

У 9 тюленей (№ 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 12, 13) в лёгких отмечена инвазия нематодами *Parafilaroides caspicus*; у 4 особей (№ 2, 3, 5, 8) – инвазия стенок желудка нематодами *Anisakis schupakovi*, сопровождавшаяся единичными эрозиями и мелкими одиночными очагами изъязвления слизистой желудка. Однако невысокая интенсивность нематодозов и вызванных ими патологоанатомических изменений, в совокупности с отсутствием признаков истощения животных, указывали на то, что гельминтоз тюленей не мог быть причиной их массовой гибели.

В желудках 5 особей присутствовали остатки рыбы (вобла и бычки); у двух тюленей был сохранен прямой кишечник с останками оформленных фекалий. Печень (в случаях, когда она была сохранна) имела выраженные признаки аутолиза. У одного тюленя (самец № 10, длина 145 см) был обнаружен хронический патологический процесс: двусторонний нефролитиаз.

Все обследованные животные характеризовались отсутствием патологоанатомических признаков какого-либо острого инфекционного процесса, в том числе чумы плотоядных. Наличие остатков пищи в желудках у примерно половины обследованных особей указывает на то, что тюлени активно питались непосредственно перед гибелью.

Таблица 2. Результаты патологоанатомических вскрытий трупов каспийских тюленей на побережье Республики Дагестан в декабре 2020 г.

Table 2. The results of pathoanatomical autopsies of corpses of the Caspian seals washed on the coast of the Republic of Dagestan in December 2020

№ особи	Номер участка*	Пол	Длина, см	Возраст, лет	Толщина подкожного жира, см	Диагноз
1	1	♀	138	16+	7,5	Венозное полнокровие и застой в сосудах сердца, лёгких и головного мозга. Отёк головного мозга. Вторая половина беременности
2	1	♀	130	13+	6,0	Венозное полнокровие и застой в сосудах сердца, лёгких и головного мозга. Отёк головного мозга. Органы тазовой полости расклёваны птицами
3	1	♀	131	8+	5,5	Венозное полнокровие и застой в сосудах сердца, лёгких и головного мозга. Отёк головного мозга. Нематодная инвазия лёгких
4	3	♂	139	17+	7,5	Венозное полнокровие и застой в сосудах сердца, лёгких и головного мозга. Отёк головного мозга
5	6	♀	132	9+	7,0	Венозное полнокровие и застой в сосудах сердца, лёгких и головного мозга. Отёк головного мозга. Вторая половина беременности. Нематодная инвазия желудка.
6	6	♀	134	7+	8,5	Венозное полнокровие и застой в сосудах сердца, лёгких и головного мозга. Отёк головного мозга. Вторая половина беременности
7	1	♀	126	7+	8,0	Венозное полнокровие и застой в сосудах сердца, лёгких и головного мозга. Отёк головного мозга. Нематодная инвазия лёгких
8	6	♀	145	17+	8,5	Венозное полнокровие и застой в сосудах сердца, лёгких и головного мозга. Отёк головного мозга. Кровоизлияние в подкожной жировой клетчатке в области шеи. Вторая половина беременности. Нематодная инвазия желудка
9	1	♂	139	16+	8,0	Венозное полнокровие и застой в сосудах сердца, лёгких и головного мозга. Отёк головного мозга. Нематодная инвазия лёгких
10	1	♂	145	24+	5,5	Венозное полнокровие и застой в сосудах сердца, лёгких и головного мозга. Отёк головного мозга. Мочекаменная болезнь. Двусторонний нефролитиаз. Нематодная инвазия лёгких
11	1	♀	132	11+	5,5	Венозное полнокровие и застой в сосудах сердца, лёгких и головного мозга. Отёк головного мозга. Вторая половина беременности. Нематодная инвазия желудка.
12	7	♂	146	24+	7,0	Венозное полнокровие и застой в сосудах сердца, лёгких и головного мозга. Отёк головного мозга. Нематодная инвазия лёгких
13	7	♀	132	15+	8,5	Венозное полнокровие и застой в сосудах сердца, лёгких и головного мозга. Отёк головного мозга. Вторая половина беременности. Нематодная инвазия лёгких. Шоковая печень

Примечание: * — номер учётного участка указан в соответствии с табл. 1.

Очевидно, что массовая гибель каспийских тюленей в течение относительно короткого периода времени (2–3 недели) должна была иметь некую общую причину, отражающуюся, в том числе и в общих изменениях, на патологоанатомическом уровне. Такие общие характерные изменения были обнаружены у всех обследованных тюленей: полнокровие и застой кро-

ви в сосудах сердца и лёгких (рис. 4), а также выраженные симптомы стаза мозговых венозных сосудов и отёк головного мозга (рис. 5).

Общие характерные изменения прослеживались и на тканевом уровне. У всех обследованных тюленей были обнаружены сходные гистологические изменения тканей внутренних органов, указывающие

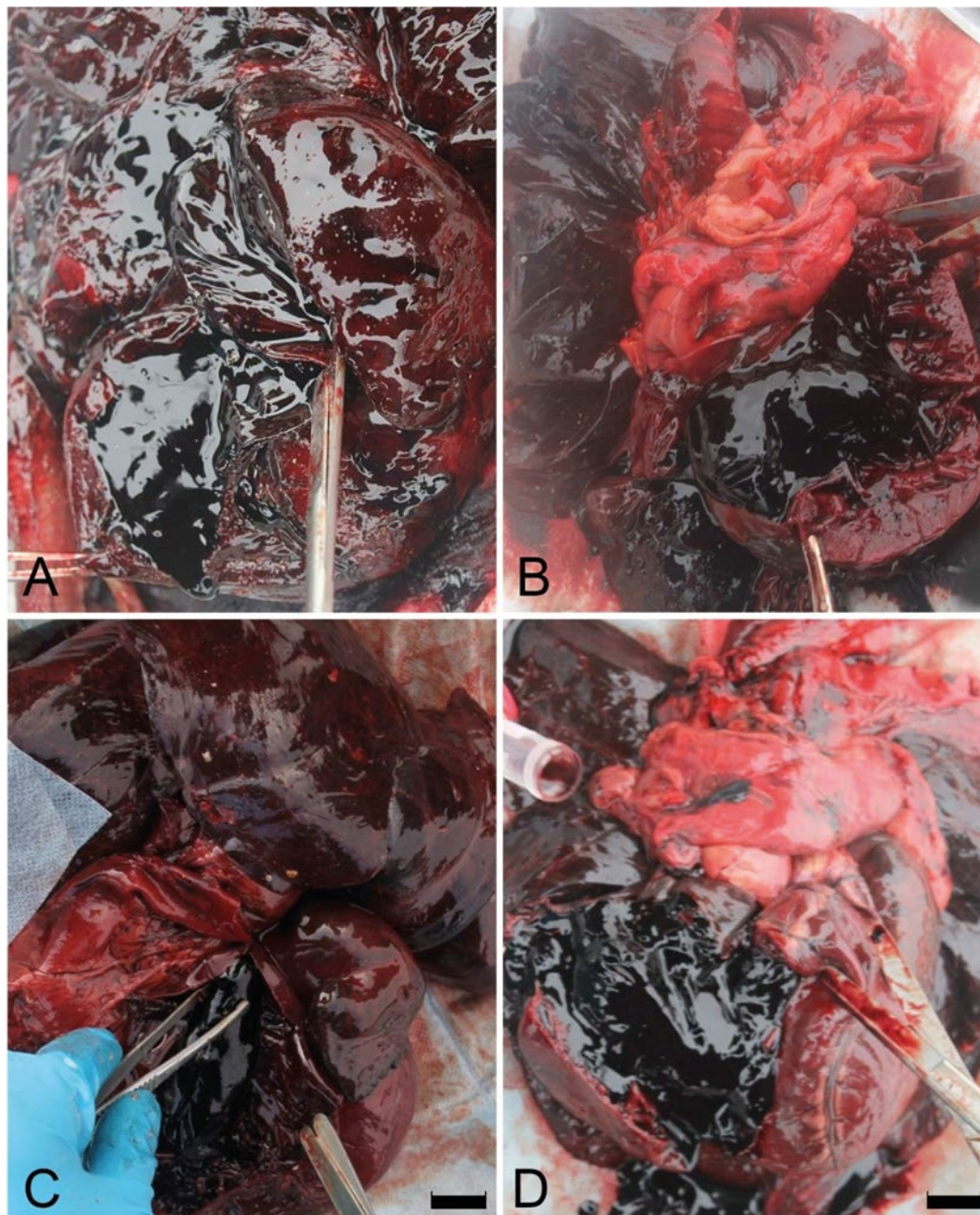


Рис. 4. Полнокровие и застой в сосудах сердца и лёгких обследованных тюленей: А – особь № 5, самка, длина 132 см; В – особь № 10, самец, длина 145 см; С – особь № 4 самец, длина 139 см; D – особь № 13, самка, длина 132 см. Номера тюленей указаны в соответствии с табл. 2. Масштаб: 1 см

Fig. 4. Full-bloodedness and stagnation in the vessels of the heart and lungs of the examined seals. A – individual № 5, female, length 132 cm; B – individual № 10, male, length 145 cm; C – individual № 4 male, length 139 cm; D – individual № 13, female, length 132 cm. The seal numbers are listed according to Table 2. Scale: 1 cm

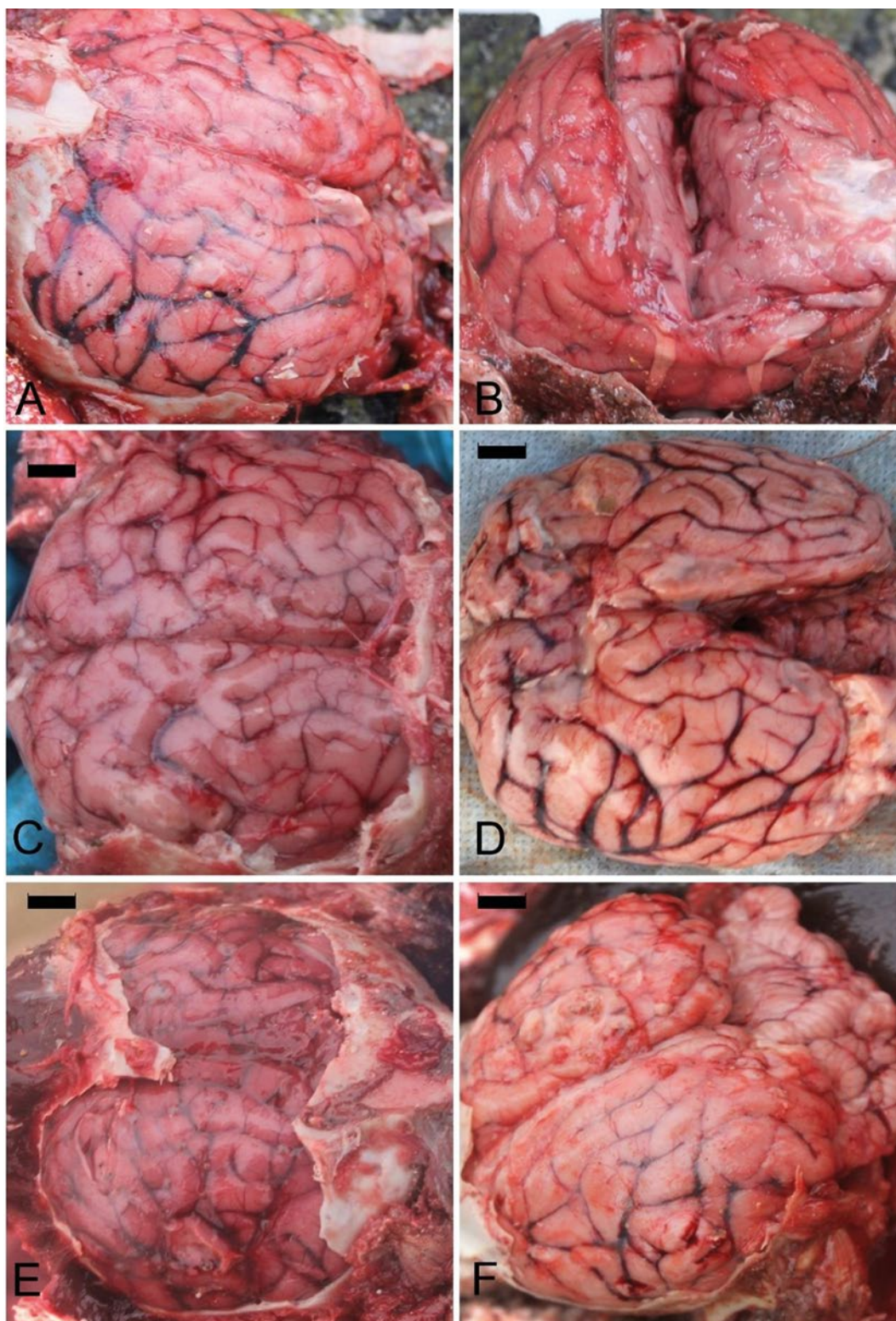


Рис. 5. Полнокровие и стаз в сосудах головного мозга, отёк головного мозга у обследованных тюленей. А – особь № 8, самка, длина 145 см; В – особь № 10, самец, длина 145 см; С – особь № 12, самец, длина 146 см; D – особь № 9, самец, длина 139 см; E – особь № 5, самка, длина 132 см; F – особь № 13, самка, длина 132 см. Номера тюленей указаны в соответствии с табл. 2. Масштаб: 1 см

Fig. 5. Full-bloodiness and stasis in the vessels of the brain, cerebral edema in the examined seals. A – individual № 8, female, length 145 cm; B – individual № 10, male, length 145 cm; C – individual № 12, male, length 146 cm; D – individual № 9, male, length 139 cm; E – individual № 5, female, length 132 cm; F – individual № 13, female, length 132 cm. The seal numbers are listed according to Table 2. Scale: 1 cm

на острую гипоксию, предшествовавшую наступлению смерти животных. Так, в тканях лёгких (рис. 6 А) отмечено выраженное кровенакопление, экстремальное

снижение воздушности и аутолиз вследствие пассивного застоя крови. В тканях сердца (рис. 6 В) обнаружены микроциркуляторные и дистрофические измене-

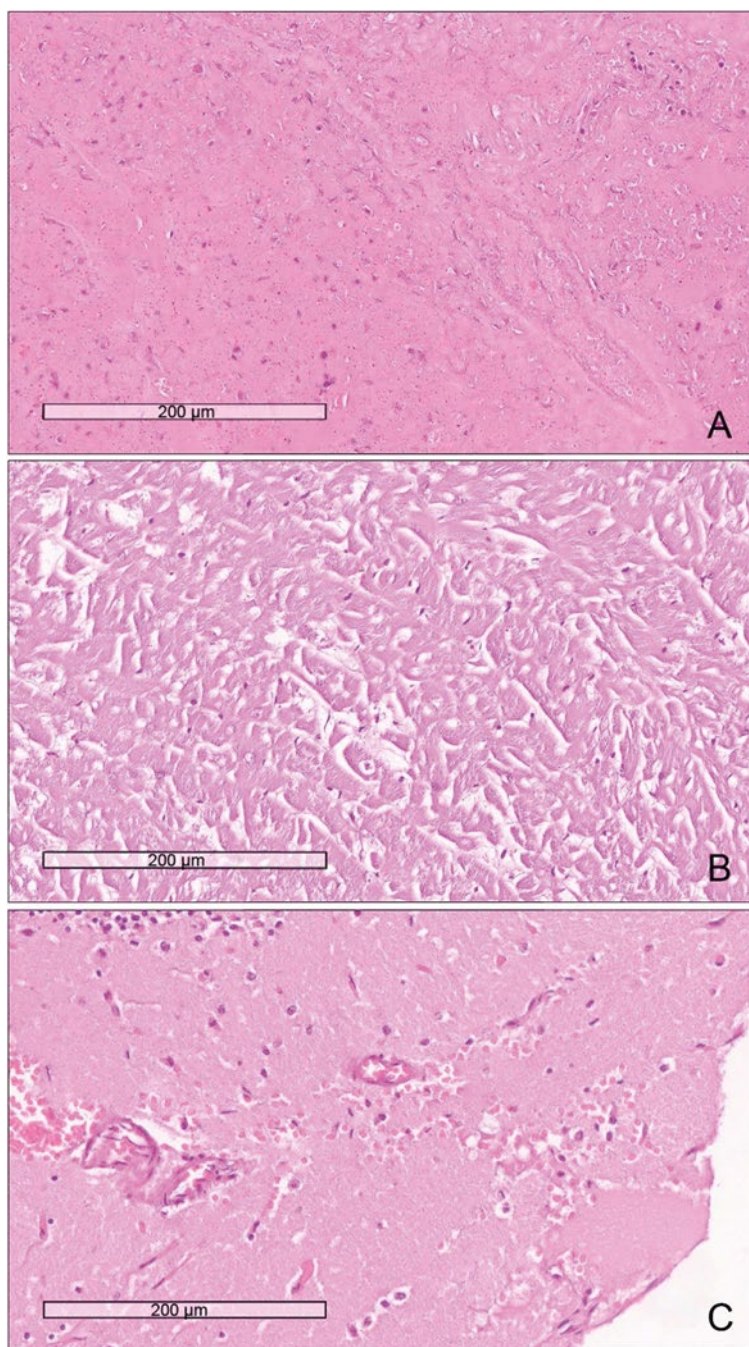


Рис. 6. Гистологические изменения тканей погибших тюленей, вызванные острой гипоксией (номера тюленей указаны в соответствии с табл. 2): А — срез образца из нижней левой доли лёгкого, иллюстрирующий резкое снижение воздушности ткани лёгких (особь № 10, самец, длина 145 см); В — срез образца из левого желудочка сердца с признаками дистрофических изменений в миокарде (особь № 10, самец, длина 145 см); С — срез образца ткани больших полушарий головного мозга с симптомами отёка (особь № 13, самка, длина 132 см). Масштаб: 200 µm

Fig. 6. Histological changes in the tissues of dead seals caused by acute hypoxia (seal numbers are indicated in accordance with Table 2). A — section of the sample from the lower left lobe of the lung, illustrating a sharp decrease in the airiness of lung tissue (individual № 10, male, length 145 cm); B — section of the sample from the left ventricle of the heart with signs of dystrophic changes in the myocardium (individual № 10, male, length 145 cm); C is a section of a tissue sample of the cerebral hemispheres with symptoms of edema (individual № 13, female, length 132 cm). Scale: 200 µm

ния миокарда, выраженное сегментарное накопление липофусцина в миокардиомиоцитах. В тканях головного мозга (рис. 6 С) прослеживались признаки периваскулярного отёка коры больших полушарий (значительное относительно симметричное разрежение белого вещества, отёк и дегенерация миелина) и неспецифические острые дегенеративные изменения — спонгиозное изменение, начальная лейкомаляция.

Помимо этого, в лёгких девяти тюленей (№ 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 12, 13) в толще альвеолярной ткани обнаружены фрагменты живородящих гельминтов *Parafilaroides caspicus* с тонкой кутикулой и платимиарным типом мускулатуры, пигментированной кишечной трубкой, диаметром около 150 мкм. Во всех исследованных органах и тканях были в большей или меньшей степени выражены аутолитические процессы.

В целом, характерные изменения на патологоанатомическом и гистологическом уровнях, обнаруженные у всех обследованных тюленей, характерны для тяжёлой острой гипоксии и свидетельствуют о том, что их смерть наступила в результате внезапной асфиксии неясной природы. Отсутствие признаков механической блокировки дыхательных путей указывает на токсический характер асфиксии.

Результаты инфекционного анализа мёртвых тюленей. Скрининг 30 секционных материалов (носовой и трахеальный смывы, ткани головного мозга, лёгких, почек, селезёнки, печени и толстого кишечника) от 9 погибших тюленей (1 самец и 8 самок) на наличие возбудителей основных вирусных инфекций морских млекопитающих и наземных плотоядных, не выявил нуклеиновых кислот возбудителей аденовирусных, гепивиральных (гепатит Е), герпесвирусных, гриппозных (вирусы гриппа А, В, С, D), коронавирусных, парамиксовирусных (в т. ч. морбилливируса плотоядных), поксвирусных, лиссавирусных, ретровирусных, флавивирусных инфекций животных. Во всех сериях исследования продукты ПЦР, соответствующие ожидаемым размерам, амплифицировались только в препаратах вирусов, взятых в качестве положительного контроля, и отсутствовали в секционных материалах каспийских тюленей, собранных в декабре 2020 г. на дагестанском побережье моря.

ОБСУЖДЕНИЕ

Случаи выброса мёртвых тюленей на побережье Каспийского моря описаны с начала XX в. Так, К.К. Чапский [1932] характеризовал выбросы «пловуна» на берега Каспия как «ежегодные, с необычайной правильностью повторяющиеся, хотя и варьирующие в размерах». В качестве вероятной причины смертности тюленей К.К. Чапский указывал инфекции.

По свидетельству В.И. Бадамшина [1971] «случаи выброса большого количества трупов тюленя на побережье Каспия известны давно, но причина гибели остаётся далеко не ясной... В открытом море «пловун» (дохлый тюлень) встречается преимущественно весной, на островах и побережье — летом. В одни годы его бывает много, в другие мало, но выброс происходит неизменно из года в год». Основными причинами гибели тюленей Б.И. Бадамшин считал зимний, а особенно весенний, промысел их на льдах, инфекционные болезни, а также взрывы на море при геологоразведочных изысканиях. Им описаны случаи массовой гибели тюленей зимой 1955–1956 гг. и в начале 1968 г. В последнем случае количество погибших тюленей оценивалось в 2,5–3,0 тыс. особей, вместе с ними на побережье была выброшена мёртвая рыба и раки. Гибель тюленей и рыбы расследовала правительственная комиссия, которая пришла к заключению, что причинами её являются проведённые в море взрывы. По рекомендациям комиссии, правительственным распоряжением было запрещено использование взрывчатых веществ для морской геологоразведки, и в последующие годы случаи массовой гибели тюленей по этой причине на Каспии не наблюдались.

Массовая гибель тюленей зимой 1955–1956 гг. подробно описана в А.А. Слудским с соавторами [1981]. Тогда мёртвые тюлени встречались по всему побережью Северного и Среднего Каспия. В марте 1956 г. на Дагестанском побережье мёртвых тюленей встречали от о. Чечень до города Дербент, «группами от 3 до 5–8 штук, в среднем 16 зверей на каждый километр береговой линии». Животные были преимущественно взрослые и хорошо упитанные. Было проведено 108 патологоанатомических вскрытий, взяты бактериологические пробы, однако однозначно определить причину массовой гибели так и не удалось.

Обзор случаев гибели каспийских тюленей за последние 20 лет. Данные по гибели каспийского тюленя последних 20 лет собраны нами и приведены в табл. 3. Как видно из этой таблицы, массовая гибель тюленей случалась весьма регулярно, каждые 2–3 года, при этом в Северо-Восточном Каспии, у побережья Республики Казахстан, мёртвые тюлени появлялись весной после распада льда, а у побережья Республики Дагестан — осенью, в октябре-ноябре [Кузнецов, 2017 б]. В подавляющем большинстве случаев причина смерти тюленей не была установлена.

В апреле-июне 2000 г. произошла массовая гибель каспийского тюленя от эпизоотии. В общей сложности на острова Северного Каспия и береговую полосу Казахстана, России (Дагестан) и Азербайджана было выброшено около 25–30 тыс. особей. В результате

Таблица 3. Документированные случаи выбросов трупов каспийских тюленей в Среднем и Северном Каспии в XXI веке
Table 3. Documented cases of the Caspian seals corpses beaching in the Middle and Northern Caspian in the XXI century

Год, месяц	Район	Количество, экз.	Вероятные причины	Литературный источник
2000, май	Мангистауская область, Республика Казахстан	Около 30 000	Чума плотоядных в сочетании с пастереллезом и сальмонеллезом. Предпосылки: раннее наступление весны и распаление льда привело к большому скоплению линяющих тюленей на мелких островах в Северном Каспии, что создало условия вспышки и быстрого распространения инфекций.	[Хураськин и др., 2002]
2006, май	Северо-Восточная часть Каспийского моря	Около 300	В местах обнаружения гибели тюленей в воде зафиксировано повышение ПДК фенолов и СПАВ в 3–6 раз, а нефтепродуктов более чем в 30 раз.	[Гузилов, 2006 ⁷]
2007, май	Северо-Восточная часть Каспийского моря	933	Предположительно причина гибели связана с неблагоприятными ледовыми условиями в зимний период.	[Захарова, 2007]
2007, октябрь	Побережье Республики Дагестан (Сулакская бухта)	65	Гидродинамический удар	[Захарова, 2008]
2008	Северо-восточная часть Каспийского моря	72	Причина не установлена	Публикаций нет
2009, май	Баутинская коса, Республика Казахстан	Около 350	Причина не установлена	Публикаций нет
2011, май	Побережье Мангистауской области, Республика Казахстан	50	Причина не установлена	Публикаций нет
2012, весна	Северо-Восточная часть Каспийского моря	35	Причина не установлена	Публикаций нет
2012, октябрь	Восточное побережье Аграханского п-ва от устья р. Сулак до о. Чечень, Республика Дагестан	Около 200	Причина не установлена	Публикаций нет
2016, ноябрь	Побережье Республики Дагестан	Около 300	Причина не установлена	Публикаций нет
Весна 2017	Побережье в районе г. Форт-Шевченко, Республика Казахстан	Около 240	Причина не установлена	Публикаций нет

иммунологического анализа у 75 % животных выявлены патологические изменения в иммунной системе. Бактериологический анализ показал 100 % инфицирование паренхиматозных органов [Экотоксикологические исследования..., 2002]⁸. Основной причиной элиминации тюленей, по мнению некоторых исследователей, была чума плотоядных, осложнённая вторичными инфекциями [Отчёт НИР ..., 2000⁹; Pollack,

2001; Хураськин и др., 2002; Kuiken et al., 2006; Захарова, 2007; Namroodi et al., 2018]. Токсикологический анализ свидетельствовал о хроническом токсикозе животных, ослабившем иммунитет и спровоцировавшем заболевания. По экспертному мнению, кумулятивное действие нефтяного и пестицидного загрязнения было наиболее вероятной причиной этого токсикоза [Баймуханов, 2017].

В мае 2000 г. при массовой гибели тюленя от чумы плотоядных в Мангистауской области Республики Казахстан симптоматический комплекс включал «дрожь», конъюнктивит, обильные слизистые выделения из носовой полости, многочисленные флегмоны и язвы на теле. У взрослых и молодых животных наблюдали сходные симптомы. Бактериологическое обследование паренхиматозных органов и крови пока-

⁷ Гузилов Л. 2006. Причины массовой гибели тюленей и рыб // Новости Актау от 31.08.2006 г.

⁸ Экотоксикологические исследования: изучение накопления токсичных загрязняющих веществ и связанных с ними патологий каспийских осетровых, тюленей и костистых рыб (ЭКТОКС). Итоговый отчет. 2002

⁹ Мониторинг инфекций и инвазий промысловых видов рыб и оценка санитарного состояния водоёма. 2000. Отчёт о НИР. КаспНИРХ, С. 112–113.

зало 100% инфицирование тканей, при этом у животных с ярко выраженной клиникой доминирующее положение в структуре микробного пейзажа занимали *Salmonella stratford*, *Pausterella septica*. Вирулентность штаммов была подтверждена результатами биопробы. Однако данная комбинированная инфекция не была основной причиной гибели разновозрастных животных, а являлась сопутствующей вирусному поражению [Ларцева и др., 2001; Хураськин и др., 2001¹⁰, 2002].

У мёртвых тюленей, обследованных на побережье Республики Дагестан после осенних выбросов в 2007, 2012 и 2016 гг., патологоанатомической картины, характерной для заболевания, диагностированного в 2000 г., не наблюдали. Ослабленных и умирающих животных на побережье Дагестана также не отмечали. Как правило, трупы тюленей, выбрасываемые осенними штормами на дагестанское побережье, имели глубокие постмортальные изменения, что указывало на гибель животных в открытом море, на большом удалении от места выбросов. Среди погибших тюленей преобладали взрослые особи хорошей упитанности (толщина подкожного жира составляла от 5 до 7 см) [Захарова, 2008; Кузнецов и др., 2008¹¹].

Случай локального выброса трупов каспийских тюленей на побережье Республики Дагестан в ноябре 2020 г. в основных чертах соответствует общей картине осенних штормовых выбросов «плывуна», складывающейся по данным наблюдений последних 90 лет. Однако впервые обстоятельства и возможные причины гибели тюленей были исследованы столь подробно и разносторонне. Как и в предыдущие годы, в ходе обследования побережья не было обнаружено агонирующих, больных или ослабленных живых тюленей, только трупы на разных стадиях разложения.

Для определения вероятных причин гибели тюленей в ноябре 2020 г. все возможные гипотезы были нами рассмотрены и сопоставлены с имеющимися фактами.

Эпизоотии наиболее часто упоминаются среди причин массовой гибели каспийского тюленя. Основным инфекционным заболеванием, встречающимся у каспийского тюленя, является чума плотоядных в сочетании с сопутствующими инфекциями [Хураськин, Захарова, 2000]. Однако, как мы уже отмечали выше, вирусологический анализ (ПЦР) тканей внутренних

органов тюленей, погибших осенью 2020 г., не выявил присутствия возбудителей аденовирусных, гепатитных (гепатит Е), герпесвирусных, гриппозных (вирусы гриппа А, В, С, D), коронавирусных, парамиксовирусных (в т. ч. морбилливируса плотоядных), поксвирусных, лиссавирусных, ретровирусных, флавивирусных инфекций животных. Некропсия также не выявила признаков, характерных для инфекционных заболеваний и гельминтозов высокой интенсивности. Отсутствие признаков истощения у погибших животных и хорошая их упитанность (оценивались по толщине подкожного жира) указывали на то, что к моменту гибели они были в целом здоровыми животными. Это позволяет исключить гипотезу об инфекционных или гельминтозных заболеваниях как причине массовой гибели тюленей в 2020 г. По той же причине можно исключить гибель тюленей в результате истощения (голодания).

Отравление токсикантами (тяжёлыми металлами, ПХБ, пестицидами, нефтью и т. д.) также часто указывается в качестве факторов возможной гибели тюленей. Токсикозы, наблюдаемые у гидробионтов, — показатель идущей в популяции выборочной элиминации генотипов. Особи, наиболее чувствительные к какому-то токсико-патологическому фактору, в загрязнённых человеком водоёмах отсеиваются. Они меньше других оставляют потомства или совсем его не оставляют [Макрушин и др., 2014]. Таким образом, сами по себе хронические токсикозы не приводят к одномоментной массовой гибели в популяции, становясь фактором, снижающим сопротивляемость и устойчивость организма, что в определённой степени повышает вероятность более тяжёлого течения любого заболевания и его летальный исход.

Для острого отравления характерно быстрое течение и внезапная гибель, что соответствует происходившему в осенний период 2020 г. Однако острое отравление токсическими веществами химического происхождения в водной среде, безусловно, должно было бы затронуть и рыбу, и беспозвоночных, гибели которых осенью 2020 г. в средней части Каспийского моря не регистрировали.

Кроме того, у тюленей, выброшенных на дагестанское побережье осенью 2020 г., отсутствовали признаки хронического токсикоза и истощения, а большинство самок были беременными, т. е. их репродуктивный потенциал явно не пострадал. Совокупность этих фактов позволяет исключить антропогенный токсикоз из возможных причин массовой гибели тюленей в ноябре 2020 г.

Ещё одна гипотеза — гибель тюленей осенью 2020 г. могла быть вызвана их приловом на рыбных промыслах, например, траловом промысле кильки

¹⁰ Хураськин Л.С., Захарова Н.А., Кузнецов В.В., Ларцева Л.В., Валедская О.В., Хорошко В.И. 2001. Современное состояние популяции каспийского тюленя в Волго-Каспийском бассейне. Отчёт КаспНИРХ. Астрахань. 16 с.

¹¹ Кузнецов В.В., Бедрицкая И.Н., Эмирова Р.И., Рылина О.Н., Володина В.В. 2008. Исследовать состояние популяции тюленя в Каспийском бассейне и разработать ОДУ на 2009 г. Отчёт КаспНИРХ. Астрахань. 31 с.

либо на нелегальном браконьерском промысле осетровых ставными сетями. Изменения в лёгких и сердце (полнокровие и венозный застой), характерные для асфиксии, не исключают возможности гибели тюленей в орудиях лова. Однако версия попадания такого количества тюленей в тралы, используемые на промысле кильки (иных траловых промыслов на Каспии в настоящее время нет), предполагает, что тюлени концентрировались в районах скопления кильки обыкновенной и должны были питаться ею в непосредственной близости от промысловых судов. В этом случае в желудках погибших тюленей должна была бы присутствовать килька, однако патологоанатомическое вскрытие 13 тюленей (табл. 2) показало, что килька в их желудках отсутствовала полностью. У 8 тюленей желудки были пусты, а у оставшихся 5 в желудках присутствовали бычки и вобла, что, с одной стороны, указывало на их активное питание перед гибелью, а с другой стороны — на то, что животные питались на глубинах более мелких (изобаты менее 15–20 м), чем те, на которых осуществляется промысел кильки (изобаты свыше 30 м).

С другой стороны, версия о гибели 2,5 тысяч тюленей на траловом промысле кильки подразумевает, с учётом времени наступления смерти основной массы животных, что в середине ноября 2020 г. на промысле ежедневно погибало не менее 250 животных. Возможно ли это чисто технически? Нет, и кроме того, это не подтверждается данными научного мониторинга этого промысла. Осенью 2020 г. научные наблюдатели КаспНИРХ работали на каждом судне, осуществлявшем траловый промысел кильки. В перечень их задач входила регистрация тюленей в районе промысла (и живых, и «плывунов»), а также анализ состава уловов. По данным этого мониторинга, в ноябре 2020 г. в западной части Среднего Каспия на предзимовальных концентрациях кильки одновременно работало от 3 до 14 судов. Улов варьировался от 6,3 до 23,4 т на судно-сутки и состоял практически из чистой кильки: прилов других видов рыб не превышал 0,43% по массе. Промысел был затруднен штормовой погодой: так, в период с 10 по 30 ноября флотом было отработано всего 14 суток. В течение всего месяца живые и мёртвые тюлени в непосредственной близости от промысловых судов ни разу не отмечались [Отчёт НИР..., 2021¹²]. Таким образом, версию о гибели

тюленей на траловом промысле кильки осенью 2020 г. можно исключить.

Гибель столь большого количества тюленей в браконьерских сетях также можно исключить, поскольку браконьерские «осетровые» сети оставляют характерные следы (порезы) на телах тюленей, а среди обследованных трупов, обнаруженных на дагестанском побережье в ноябре 2020 г., такие следы были отмечены лишь у трёх из 313 обследованных погибших тюленей.

Наконец, отсутствие у обследованных животных переломов костей черепа и осевого скелета, отпечатков рёбер на лёгких, кровоизлияний в среднем ухе и головном мозге и других признаков контузии вследствие подводной ударной волны [Титов, 2006¹³] исключает версию о гибели тюленей в результате подводной ударной волны в ходе геологоразведочных работ или военной деятельности.

Таким образом, на основании имеющихся данных можно достаточно уверенно исключить из возможных причин гибели каспийского тюленя в ноябре 2020 г. эпизоотии, истощение (голод), попадание в орудия рыбных промыслов и воздействие подводной ударной волны. Отравление токсикантами также не могло привести к внезапной массовой гибели в ограниченном районе [Патин, 1979; Володина, 2014; Ершова и др., 2016; Ершова, Зайцев, 2016].

Что же могло вызвать гибель вполне здоровых и хорошо упитанных животных в столь короткий промежуток времени? Ниже приведена ещё одна весьма актуальная версия, которая ранее никогда не рассматривалась в связи с гибелью тюленей на Каспии.

Для бассейна Каспийского моря характерна высокая флюидодинамическая активность, выражающаяся в различных нефтяных, газовых и гидротермальных проявлениях — грязевых вулканах, грифонах, залповых или периодических газовых выбросах [Бухарицын и др., 2016]. Наиболее распространены на Каспии флюидодинамические системы закрытого компрессионного типа и полуоткрытого элизионного типа [Бухарицын и др., 2021]. Причиной этого является тот факт, что, по данным глубинного сейсмического зондирования, под дном Каспия на глубинах от 4 до 45 км располагается так называемая «гидравлическая подушка», представляющая собой мощную толщу флюидонасыщенных горных пород. Эта «гидравлическая подушка» содержит в себе огромные запасы пластовых флюидов (подземных вод, нефти и природного газа), находящихся под очень высоким давлением [Бухарицын, Голубов, 2017]. Эта поду-

¹² Отчет НИР «Осуществление государственного мониторинга водных биологических ресурсов во внутренних водах, в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации и в исключительной экономической зоне Российской Федерации, в Азовском и Каспийском морях». Волжско-Каспийский филиал ФГБУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»). 2021. С. 9-10.

¹³ Титов Р.В. 2006. Повреждения внутренних органов в различных типах дыхательного снаряжения при дистантных подводных взрывах (медико-Экспериментальное исследование). Дисс. ... канд. мед. наук. СПб. 142 с.

шка не является стабильной: при сейсмических толчках она может локально разгружаться, такого рода флюидные разгрузки весьма часто фиксируются на акватории Северного и Среднего Каспия, являясь важным, но до настоящего времени почти неисследованным фактором среды обитания каспийского тюленя [Бухарицын, Голубов, 2017].

Природные очаги флюидной разгрузки приурочены к проводящим каналам в осадочных породах, где нарушена герметичность флюидоупорных толщ пород, экранирующих «гидравлическую подушку». Одна из примечательных особенностей геологического строения недр Северного и Среднего Каспия – наличие большого количества трубообразных разрыхлённых вертикальных образований, так называемых «газовых труб», пронизывающих платформенный чехол нефтегазоносных осадочных пород на глубину свыше 2 км. Эти «трубы» являются структурными предпосылками существования очагов субмаринной глубинной разгрузки глубинных подземных флюидов [Голубов, Измаилов, 2003; Путанс и др., 2021]. Особенно высокая концентрация «газовых труб» была недавно обнаружена в ходе высокочастотного профилирования вдоль побережья Дагестана и Северного Азербайджана с максимумом плотности в локальном районе юго-восточнее г. Дербент [Путанс и др., 2021]. Наблюдаемые в этом районе серии разрывных нарушений приурочены к оси растяжения Дербентского прогиба [Иванова, Трифонов, 2002]. Анализ воды и донных осадков в местах выхода «труб» («попмарков») показал наличие высоких концентраций железа, тяжёлых металлов (Pb, Cu, Cd, Zn и др.), а также нефтепродуктов, что указывает на постоянную флюидную активность этих структур. Однако в случае сейсмических толчков силой свыше 4 баллов эта активность может лавинообразно нарастать, приводя к залповым выбросам природного газа и локальной разгрузке напорных пластовых флюидов [Путанс и др., 2019].

В этой связи ниже мы рассмотрим гидрометеорологическую обстановку, распределение каспийских тюленей в открытой части Северного и Среднего Каспия и сейсмическую активность в Каспийском море в ноябре 2020 г.

Гидрометеорологическая обстановка. По информации с двух научно-исследовательских судов Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ») (НИС «Гидробиолог» и НИС «Исследователь Каспия»), осуществлявших в открытых водах Северного и Среднего Каспия плановый мониторинг состояния водных биологических ресурсов и среды их обитания в рамках государственного задания, в течение ноября 2020 г. гидрологический режим западной части Северного Каспия формировался в условиях сезонного выхолажива-

ния моря и воздушных масс, постепенного снижения температуры, увеличения солёности и сокращения площади опреснения моря. Температура воздуха в утренние часы в прибрежных районах Республики Дагестан в начале ноября варьировала от +11 °C до +16 °C; в конце месяца – от +8 °C до +10 °C. Температура воды у поверхности в середине ноября варьировала от +5,3 °C – +7,2 °C в Северном Каспии до +10,9 °C – +13,8 °C в Среднем Каспии. Прозрачность воды постепенно увеличивалась с севера на юг от 0,5–1,0 м в районе восточнее о. Чечень до 9–10 м в открытом море восточнее г. Избербаш. Содержание кислорода в поверхностном слое воды повсеместно держалось на уровне 6,6–7,7 мг/л, за исключением района в 60–80 км к востоку от побережья между городами Каспийск и Избербаш, где оно снижалось до 5,7–5,8 мг/л. Степень токсичности воды по результатам биотестирования на тест-объектах зоопланктона (*Artemia salina* L.) была низкой на всех станциях: смертность ракообразных не превышала 10%, что соответствовало категории «нетоксичная среда».

Погода над акваторией Северного и Среднего Каспия в ноябре формировалась под влиянием проходящих атлантических циклонов. В период 01–04.11.2020 г. над акваторией, прилегающей к побережью Республики Дагестан, стояла тихая маловетренная погода с ветрами восточного и юго-восточного направлений со скоростью 1–2 м/с. 06–11.11.2020 г. преобладали ветра западного и северо-западного направлений, от 2 до 6 баллов по шкале Бофорта (преимущественно 4–5 баллов; от 5,6 до 14 м/с). 13–14.11.2020 г. ветер стих до 1–2 баллов (от 0,3 до 3,3 м/с), сохраняя прежнее северо-западное направление. В течение 16–21.11.2020 г. в районе Дагестанского побережья был шторм, сопровождавшийся сильными и крепкими ветрами восточного направления, переходящего на юго-восточное, силой 6–7 баллов (от 10,5 до 17 м/с). После него на побережье были отмечены первые немногочисленные трупы тюленей.

23–26.11.2020 г. на море было затишье, ветер сменил направление на западное с переходом на юго-западное, и стих до 2–3 баллов (от 2 до 5 м/с). 27.11.2020 г. ветер стал усиливаться, меняя направление с западного на юго-восточное. С 28.11.2020 г. по 03.12.2020 г. вновь прошёл сильный шторм с сильными и крепкими ветрами (6–7 баллов; до 19 м/с) юго-восточного направления, переходящими на восточное (рис. 7 А). В этот период был наиболее массовый выброс трупов тюленей.

В период 04–06.12.2020 г. ветер стих до 3–5 баллов (от 5 до 10 м/с), сохраняя восточное направление, а затем 07.12.2020 г. вновь стал усиливаться и вплоть до 16.12.2020 г. устойчиво дул с юго-востока, сохраняя

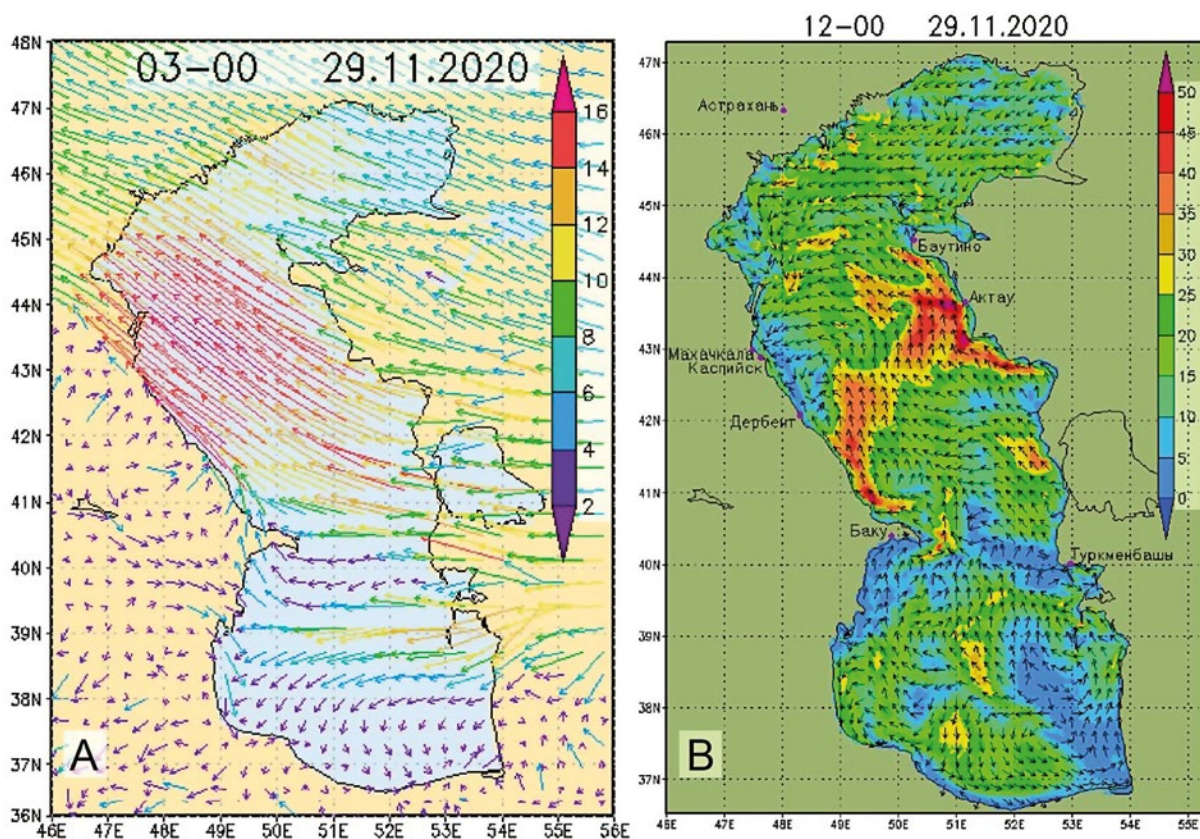


Рис. 7. Гидрометеорологическая обстановка в районе Каспийского моря 29.11.2020 г., в период наибольших выбросов трупов тюленей на побережье Республики Дагестан: А – Распределение модуля скорости приводного ветра (м/с) на высоте 10 м; В – Распределение модуля вектора горизонтальных составляющих скорости течений (см/сек) на поверхности моря. Информация с сайта Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО): http://193.7.160.230/web/esimo/casp/surge/hfcst_casp.php.

Fig. 7. Hydrometeorological situation in the Caspian Sea region on 29.11.2020, during the period of the greatest emissions of seal corpses on the coast of the Republic of Dagestan: А – Distribution of the driving wind velocity module (m/s) at an altitude of 10 m; В – Distribution of the modulus of the vector of horizontal components of the current velocity (cm/sec) on the surface of the sea. Information from the website of the Unified States Information System on the Situation in the World Ocean (ESIMO): http://193.7.160.230/web/esimo/casp/surge/hfcst_casp.php.

силу в 5–7 баллов (от 10 до 16 м/с). Однако новых выбросов погибших тюленей после 08.12.2020 г. практически не было.

Таким образом, основная масса погибших тюленей была выброшена на берег в период с 29.11.2020 г. по 06.12.2020 г., т. е. во время шторма силой 6–7 баллов при сильных и крепких ветрах юго-восточного и восточного направлений при нагонном поверхностном течении, идущем с востока (рис. 7).

Распределение каспийских тюленей в открытой части Северного и Среднего Каспия в ноябре 2020 г. Общая протяжённость маршрута судов, во время которого осуществлялся визуальный учёт тюленей на акватории Северного и Среднего Каспия в ноябре 2020 г., составила около 2760 км. В ходе этого учёта было зарегистрировано 88 тюленей: 74 живых (84%) и 14 трупов (16%). Средняя частота встречаемости тюленей составила 2,68 экз./100 км маршрута, что

на 5% ниже аналогичного показателя осени 2019 г. Мёртвые тюлени встречались в открытых водах только в западной части Среднего Каспия [Кузнецов, Проскурина, 2021; Кузнецов, 2021¹⁴].

Живые тюлени встречались в основном над глубинами до 100 м вдоль западного побережья Среднего и Северного Каспия (рис. 8). Наибольшая их концентрация (около 5 экз./км²) была отмечена в районе о. Малый Жемчужный, повышенные концентрации – на мелководье западной части Северного Каспия между островами Малый Жемчужный и Чечень. Наименьшая концентрация тюленей отмечена в центральной части Среднего Каспия. В целом, картина распределения каспийского тюленя в ноябре 2020 г.

¹⁴ Кузнецов В.В. 2021. Оценка состояния, распределения, численности и воспроизводства водных биоресурсов (каспийский тюлень, морские раки) и среды их обитания (отчёт Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»). Астрахань. 36 с.

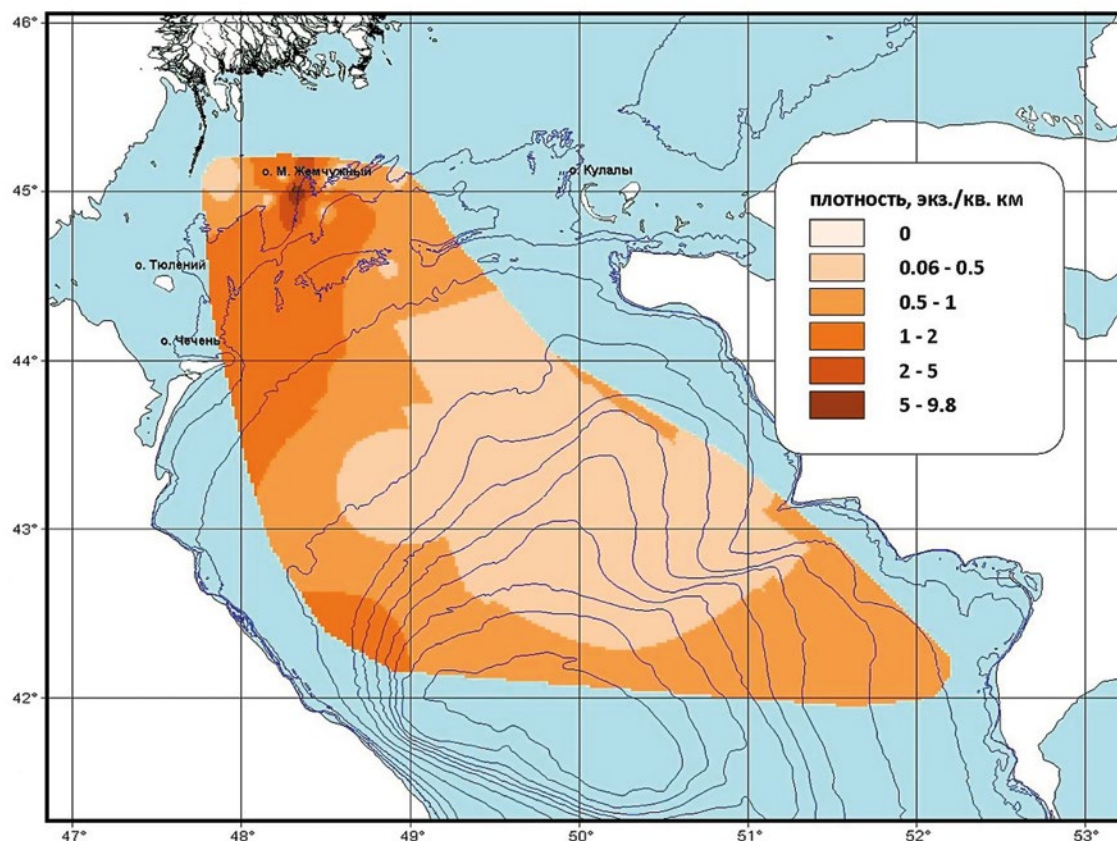


Рис. 8. Распределение каспийских тюленей в октябре-ноябре 2020 г., по данным судового мониторинга (НИС «Гидробиолог», НИС «Исследователь Каспия»)

Fig. 8. Distribution of the Caspian seals in October-November 2020, according to ship monitoring data from RV «Hydrobiologist» and RV «Caspian Explorer»)

была типичной для осеннего периода: в это время года тюлени массово мигрируют из районов нагула в Среднем и Южном Каспии на север – в районы будущих зимних ледовых залежек, образуя по пути временные скопления у Жемчужных островов. Маршруты осенних миграций проходят вдоль берегов Каспийского моря, основная масса тюленей мигрирует вдоль восточного и западного побережий [Дмитриева и др., 2015; Кузнецов, 2017 а].

Сейсмическая активность в Каспийском море. Согласно данным ретроспективного анализа данных мониторинга сейсмической активности в Каспийском море с сайта Единой геофизической службы РАН, в течение ноября 2020 г. в районе Республики Дагестан было зарегистрировано более 40 сейсмических толчков силой от 3,3 до 4,8 балла, в том числе 3 довольно сильных толчка – на западном шельфе Среднего Каспия 03.11.2020 г., 08.11.2020 г. и 11.11.2020 г. (табл. 4, рис. 9).

Сравнение этих данных с метеорологическими условиями над акваторией Среднего Каспия в ноябре показывает, что во время сейсмических толчков на шельфе приходились периоды непродолжительного

затишья, когда скорость ветра снижалась до 1 м/сек, а местами устанавливался штиль. Если допустить, что эти сейсмические толчки сопровождались разгрузкой напорных пластовых флюидов, то в маловетренных условиях эти локальные выбросы природного газа могли сформировать над поверхностью моря загазованные линзы воздуха, непригодного для дыхания, и оказаться смертельными ловушками для каспийского тюленя [Бухарицын, Голубов, 2017]. Доминирование среди погибших тюленей беременных самок объясняется тем, что именно зрелые самки плотными стадами по несколько десятков особей в осенний период первыми мигрируют из нагульных районов Южного и Среднего Каспия на север, к местам размножения на зимних ледовых лёжках. Молодые тюлени и зрелые самцы мигрируют несколько позже [Слудский и др., 1981]. Случайное попадание мигрирующих стай тюленя в загазованные зоны могло привести к острой гипоксии животных вследствие снижения количества кислорода во вдыхаемом воздухе.

Для проверки нашей гипотезы о связи сейсмических толчков 03.11.2020 г., 08.11.2020 г.

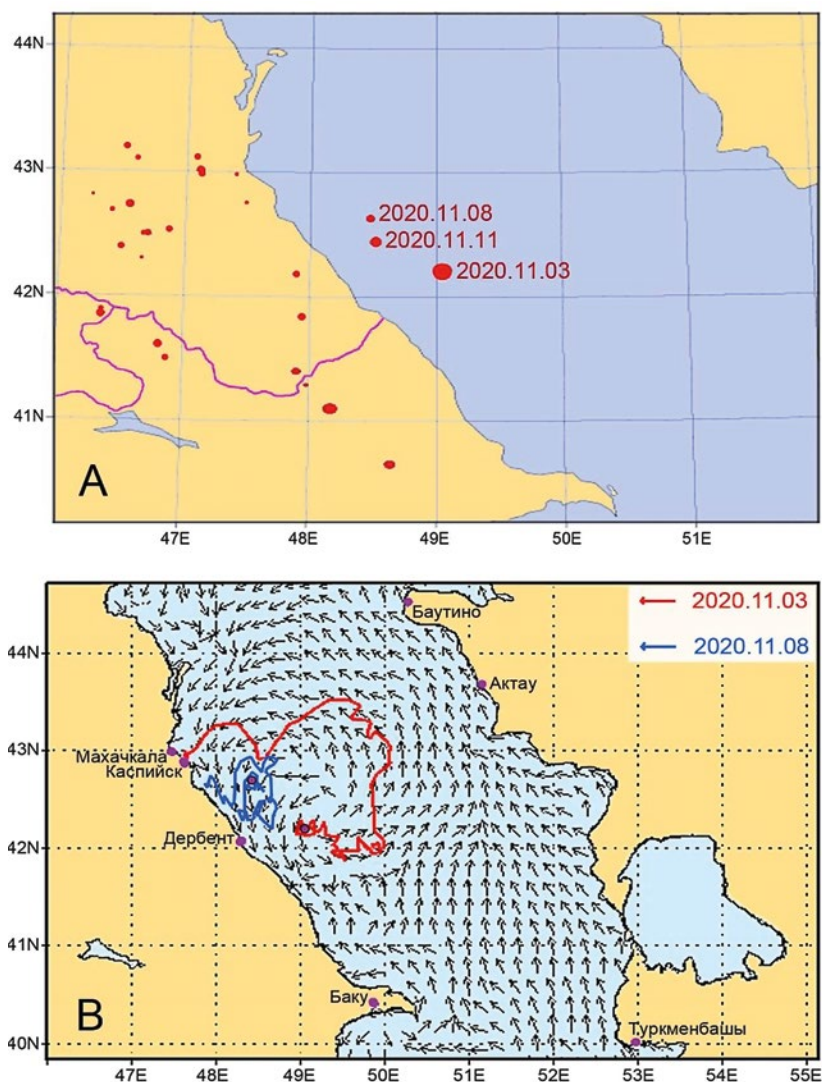


Рис. 9. Эпицентры сейсмической активности на шельфе Каспийского моря в ноябре 2020 г. (А) и треки переноса пассивной взвеси поверхностными течениями из районов сейсмических толчков 03.11.2020 г. (красный трек) и 08.11.2020 г. (синий трек) в течение последующих дней вплоть до 30.11.2020 г. (В). Чёрные стрелки указывают распределение поля поверхностных течений на 30.11.2020 г.

Fig. 9. Epicenters of seismic activity on the shelf of the Caspian Sea in November 2020 (A) and tracks of passive suspension drift by surface currents from the areas of seismic shocks on 3.11.2020 (red track) and 8.11.2020 (blue track) during the following days up to 30.11.2020 (B). The black arrows indicate the distribution of the field of surface currents on 30.11.2020

Таблица 4. Данные о сейсмической активности на акватории Каспийского моря за период до 30.11.2020 г. (с сайта Единой геофизической службы РАН http://www.ceme.gsras.ru/new/ssd_news.htm)

Table 4. Data on seismic activity in the Caspian Sea for the period up to 30.11.2020 (from the website of the Unified Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences: http://www.ceme.gsras.ru/new/ssd_news.htm)

Дата	Время (GMT)	Широта	Долгота	Глубина, км	Мб	I(o)	Регион
03.11.2020	12:16:45	42°2'36" с.ш.	49°03'00" в.д.	45	4,7/4,0	3–4	Каспийское море
08.11.2020	21:36:05	42°42'00" с.ш.	48°30'00" в.д.	10	3,3/3,0	-	Каспийское море
11.11.2020	09:29:27	42°37'48" с.ш.	48°28'48" в.д.	5	3,8/5,0	3,5–4	Каспийское море

Примечание: Мб — мощность землетрясения по шкале Рихтера; I(o) — интенсивность по 12-бальной шкале Медведева-Шпонхойера-Карника [Межгосударственный стандарт ГОСТ 34511–2018*].

* Межгосударственный стандарт ГОСТ 34511-2018. Землетрясения. Макросейсмическая шкала интенсивности. Издание официальное. М.: Стандартинформ. 2019. С. 27. (<https://files.stroyinf.ru/Data/708/70853.pdf>).

и 11.11.2020 г. с массовыми выбросами мёртвых тюленей на дагестанское побережье во время шторма 28.11–03.12.2020 г. мы провели ретроспективный анализ данных поверхностных течений в Каспийском море с сайта Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО).¹⁵ Получаемые дважды в сутки (на 00:00 и 12:00 мск) карты поверхностного течения и его вектора (азимута) для каждой точки акватории позволили восстановить скорость течения и построить треки перемещения пассивной взвеси в поверхностном слое из точек сейсмических толчков 03.11.2020 г., 08.11.2020 г. и 11.11.2020 г. в течение последующего времени вплоть до 30.11.2020 г., когда основная масса мёртвых тюленей стала появляться на дагестанском побережье (рис. 9 В). Оказалось, что поверхностные воды из района сейсмического толчка 03.11.2020 г. в целом следовали по течению большого циклонического круговорота в Среднем Каспии и 30.11.2020 г. оказались непосредственно у побережья в районе Махачкалы-Каспийска. А треки взвеси из районов толчков 08.11.2020 г. и 11.11.2020 г. практически совпали и следовали по малому радиусу циклонического круговорота вблизи его центра, но 30.11.2020 г. тоже оказались вблизи дагестанского побережья между городами Каспийск и Дербент. Во время сильного шторма 18.11–03.12.2020 г. направление ветра и поверхностных течений практически совпало, способствуя выбросу мёртвых тюленей на берег.

Возможность негативного влияния землетрясений и связанной с ними флюидодинамической активности на шельфе Каспийского моря на водные биологические ресурсы и среду их обитания ранее обсуждалась в литературе [Люшвин, Карпинский, 2009; Люшвин, 2019]. Эти авторы высказали предположение, что сейсмические толчки и выброс природного газа могут снижать численность каспийского тюленя через негативное влияние на его кормовую базу (снижая биомассу рыбы и бентоса). Результаты нашего исследования свидетельствуют, что флюидодинамическая активность может действовать на каспийского тюленя не только опосредованно, но и непосредственно.

Заключение

Таким образом, наиболее вероятной причиной гибели тюленей в ноябре 2020 г. является асфиксия вследствие выброса природного газа, который мог привести к острой гипоксии, угнетению ЦНС и ле-

тальному параличу респираторного центра [Калинина и др., 2016].

Следует отметить, что сообщения о выбросах погибших каспийских тюленей у г. Махачкала продолжались в конце апреля — начале мая 2021 г. При обследовании побережья были обнаружены 74 погибших особи, находившиеся на поздних стадиях разложения. Предполагаемое время гибели этих особей составляло от 2 до 7 месяцев. Организация службы регулярного мониторинга береговой полосы и утилизации погибших животных способствовала бы своевременному учёту, сбору информации о возможных причинах смертности каспийского тюленя, обеспечивала бы лучшее санитарно-эпидемиологическое состояние побережья.

Благодарности

Работа выполнена в рамках соглашения о научном сотрудничестве между ИПЭЭ РАН и ВНИРО, разработанной ИПЭЭ РАН «Программы исследований каспийского тюленя в акватории Северного Каспия (2019–2023 гг.)», реализуемой при поддержке Норт Каспиан Оперейтинг Компани Н.В. (НКОК Н.В.), и государственного задания ВНИРО.

Авторы искренне благодарны руководителю Северо-Кавказского территориального управления Росрыболовства М.Р. Джафарову и сотрудникам управления К.А. Курамагомедову, А.З. Закарьяеву, Д.Р. Джавадову, К.Н. Курбанову, И.М. Габиеву, Р.А. Рамазанову и М.Б. Муртазалиеву, начальнику Западно-Каспийского отдела Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «ВНИРО» Т.А. Абдусаматову и сотрудникам отдела З.А. Хасбулатовой, Д.А. Ахматилу, Ш.И. Омарову за помощь, административную и логистическую поддержку в организации обследования побережья и документировании его результатов, Н.Р. Шумейко (ИПЭЭ РАН) за помощь в проведении полевых экспедиционных работ, сборе и фиксации материала от погибших тюленей, Д.М. Глазову (ИПЭЭ РАН) за обсуждение рукописи, К.К. Кивву (ВНИРО) за советы и помощь в поиске и анализе гидрометеорологических данных по Северному Каспию, а также ТОО «НПЦ микробиологии и вирусологии» (Республика Казахстан) за проведённый скрининг материалов от погибших тюленей на наличие возбудителей основных вирусных инфекций.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

¹⁵ Межгосударственный стандарт ГОСТ 34511–2018. Землетрясения. Макросейсмическая шкала интенсивности. Издание официальное. М.: Стандартинформ. 2019. С. 27. (<https://files.stroyinf.ru/Data/708/70853.pdf>).

Финансирование

Работа выполнена в рамках Госзаданий ИПЭЭ РАН, ВНИРО и ПИБР ДФИЦ РАН.

ЛИТЕРАТУРА

- Бадамшин Б.И. 1966. Возрастной состав продуцирующих самок каспийского тюленя как показатель состояния его запасов // Труды КаспНИРХа. Т. 22. М.: Пищевая пром-ть. С. 68–73.
- Бадамшин В.И. 1971. О массовой гибели каспийского тюленя // Труды КаспНИРХа. Т. 26. С. 261–264.
- Баймуханов М.Т. 2017. Как сохранить каспийского тюленя (*Phoca caspica*)? // Известия нац. АН Республики Казахстан. Серия биологическая и медицинская. № 6 (324). С. 100–111.
- Бухарицын П.И., Голубов Б.Н., Иванов А.Ю. 2016. Особенности гидрологии и строения недр морских месторождений Каспия. Методы прогноза и мониторинга выбросов пластовых флюидов в условиях экспансии морской нефтегазодобычи. Palmarium Academic Publising Saarbrucken, Deutschland. 110 с.
- Бухарицын П.И., Голубов Б.Н. 2017. Пластовые флюиды Каспия — элемент среды обитания каспийского тюленя. LAP LAMBERT Academic Publishing RU. 51 с.
- Бухарицын П.И., Иванов А.Ю., Голубов Б.Н. 2021. Проявления флюидов на Каспии // Мат. VIII науч.-практ. конф. с межд. участием «Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений», Астрахань, Россия, 22 октября 2021 г. С. 56–65.
- Володина В.В. 2014. Морфофункциональное состояние органов и тканей каспийского тюленя (*Phoca caspica*, Gmelin, 1788) в современных условиях. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Астрахань. 205 с.
- Голубов Б.Н., Исмаилов Д.Ф. 2003. Трубообразные тела под дном Северного Каспия и флюидный режим его недр // Генезис нефти и газа. Всерос. конф. Москва, 15–18 апреля 2003 г. Ред. Дмитриевский Д.Н., Конторович А.Э. М.: ГЕОС. С. 78–80.
- Дмитриева Л., Баймуханов М., Баймуханов Т., Казымбеков Е., Исмагамбетов Б., Калдыбаев С., Карамендин К., Касымбеков Э., Веревкин М., Уилсон С., Гудман С. 2015. Сезонные миграции и использование среды обитания каспийскими тюленями // Морские млекопитающие Голарктики: VIII Междунар. конф. (22–27 сентября 2014 г., г. Санкт-Петербург). Тез. докл. М.: РОО «Совет по морским млекопитающим». Т. 1. С. 160–164.
- Ершова Т.С., Танасова А.С., Зайцев В.Ф., Володина В.В. 2016. Тяжёлые металлы в организме каспийской нерпы (*Phoca caspica*, Gmelin, 1788) // Известия ДГПУ. Т. 10. № 2. С. 27–34.
- Ершова Т.С., Зайцев В.Ф. 2016. Содержание ртути в органах и тканях каспийского тюленя (*Phoca caspica*, Gmelin, 1788) // Юг России. Экология, развитие. Т. 11. № 1. С. 69–78.
- Захарова Н.А. 2007. Причины снижения численности каспийского тюленя // Проблемы изучения, сохранения и восстановления водных биологических ресурсов в XXI веке. Мат. докл. межд. научно-практ. конф. (16–18 октября 2007 г., г. Астрахань). Астрахань: КаспНИРХ. С. 49–51.
- Захарова Н.А. 2008. Выброс каспийского тюленя (*Phoca caspica*) в районе дагестанского побережья осенью 2007 г. // Морские млекопитающие Голарктики. Тез. докл. V Междунар. конф. (14–18 октября 2008 г., г. Одесса). М.: РОО «Совет по морским млекопитающим». С. 613–614.
- Иванова Т.П., Трифонов В.Г. 2002. Сейсмоструктурная и современные условия колебания уровня Каспийского моря // Геотектоника. № 2. С. 27–42.
- Калинина Е.Ю., Ягмуров О.Д., Сетко Н.П. 2016. Судебно-медицинская экспертиза интоксикаций бытовым и серосодержащим природным газом: пособие для врачей. М.: Издательский дом Академии Естествознания. 109 с.
- Кан В.Б., Беликов И.Е. 2002. Судебная медицина. Екатеринбург: Изд-во Уральского юридического института МВД России. 115 с.
- Клевезаль Г.А. 2007. Принципы и методы определения возраста млекопитающих. М.: Т-во научных издательств КМК. 282 с.
- Кузнецов В.В. 2017 а. Современное состояние популяции каспийского тюленя // Вестник АГТУ. Биол. науки. Серия: Рыбное хозяйство. № 1. С. 35–45.
- Кузнецов В.В. 2017 б. Влияние промысла на структуру популяции каспийского тюленя в исторической ретроспективе // Труды ВНИРО. Т. 168. С. 14–25.
- Кузнецов В.В., Проскурина В.В. 2021. Мониторинг естественной смертности популяции каспийского тюленя (*Phoca caspica*) // Мат. VIII науч.-практ. конф. с межд. участием «Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений», Астрахань: Изд-во Астраханского государственного технического университета, 22 октября 2021 г. С. 175–182.
- Ларцева Л.В., Болдырева Я.М., Евдокимова М.П. 2001. О гибели каспийского тюленя // Рыбохозяйственная наука в XXI веке. Тезисы докл. Всерос. конф. мол. ученых (Владивосток, 21–23 мая 2001 г.). Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 8–9.
- Лебедев С.А., Костяной А.Г., Гинзбург А.И. 2015. Динамика Каспийского моря по данным инструментальных измерений, результатам моделирования и данным дистанционного зондирования // Прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий. Мат. III Межд. науч.-практ. конф. Майкоп, 11–14 мая 2015 г. Майкоп: ИП Кучеренко Вячеслав Олегович. С. 146–179.
- Люшин П.В., Карпинский М.Г. 2009. Причины резких сокращений биомасс зообентоса и их последствия // Рыбное хозяйство. № 5. С. 65–69.
- Люшин П.В. 2019. Причина колебаний численности каспийских и беломорских тюленей // Труды VII Межд. науч.-практ. конф. «Морские исследования и образование (MARESEDU-2018)». Т. I (IV). Тверь: ООО «ПолиПРЕСС». С. 124–126.
- Макрушин А.В., Беляков В.П., Чинарёва И.Д., Васильев А.С., Федилова Е.Б., Кононова О.Н. 2014. Токсикозы гидробионтов и их патогенная эволюция // Астраханский вестник экологического образования. № 4 (30). С. 89–96.

REFERENCES

- Патин С.А. 1979. Влияние загрязнений на биологические ресурсы и продуктивность Мирового океана. М.: Пищевая пром-ть. 304 с.
- Путанс В.А., Мерклин Л.Р., Амбросимов А.К., Иванов А.Ю. 2019. Флюидодинамические аномалии Каспийского моря // Нефтегаз. № 1 (85). С. 74–77.
- Ромейс Б. 1953. Микроскопическая техника. М.: Изд-во Иностранной литературы. 719 с. (Romeis B. 1948. Mikroskopische Technik. De Gruyter Oldenbourg. 716 pp.).
- Самищенко С.С. 2021. Судебная медицина. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во Юрайт. 471 с.
- Скрябин К.И. 1928. Метод полных гельминтологических вскрытий позвоночных, включая человека. М.-Л.: МГУ. 45 с.
- Слудский А.А., Бадамшин Б.И., Бекенов А., Грачев Ю.А., Кыдырбаев Х.К., Лазарев А.А., Страутман Е.И., Фадеев В.А., Федосенко А.К. 1981. Млекопитающие Казахстана. В 4-х т. Т. 3, ч. 1. Алма-Ата: Наука. С. 200–231.
- Судебная медицина: Учеб. пособие для вузов. 2000 / Под ред. проф. А.Ф. Волынского. М.: ЮНИТИ-ДАНА, Закон и право. 639 с.
- Хураськин Л.С., Захарова Н.А. 2000. Современные условия формирования биоресурсов популяции каспийского тюленя // Морские млекопитающие Голарктики: Междунар. конф. (21–23 сентября 2000 г., г. Архангельск): сб. мат. М.: РОО «Совет по морским млекопитающим». С. 414–417.
- Хураськин Л.С., Захарова Н.А., Кузнецов В.В., Шестопалов А.Б., Хорошко В.И. 2002. О причинах массовой гибели каспийского тюленя в 2000 г. // Морские млекопитающие Голарктики: II Междунар. конф. (10–15 сентября 2002 г., п. Листвянка): сб. тез. М.: РОО «Совет по морским млекопитающим». С. 276–277.
- Хураськин Л.С., Захарова Н.А., Кузнецов В.В., Хорошко В.И. 2004. Новые данные по мониторингу каспийского тюленя (*Phoca caspica*) // Морские млекопитающие Голарктики: III Междунар. конф. (11–17 октября 2004 г., Москва): сб. тез. М.: РОО «Совет по морским млекопитающим». С. 568–573.
- Чапский К.К. 1932. О каспийском тюлене-«плывуне» // Изв. Ленинградского ихтиологического института. Т. 13, вып. 2. С. 159–165.
- Hawkins S.F.C., Guest P.C. 2016. Multiplex Analyses Using Real-Time Quantitative PCR // Multiplex Biomarker Techniques. NY: Springer New York. P. 125–133.
- Kuiken T., Kennedy S., Barrett T., Van de Bildt M.W.G., Borgsteede F.H., Brew S.D., Codd G.A., Duck C., Deaville R., Eybatov T., Forsyth M.A., Foster G., Jepson P.D., Kydyrmanov A., Mitrofanov I., Ward C.J., Wilson S., Osterhaus A.D. 2006. The 2000 Canine Distemper Epidemic in Caspian Seals (*Phoca caspica*): Pathology and Analysis of Contributory Factors // Veterinary Pathology. V. 43 (3). P. 321–338.
- Namroodi S., Shirazi A.S., Khaleghi S.R., Mills J.N., Kheirabady V. 2018. Frequency of exposure of endangered Caspian seals to Canine distemper virus, *Leptospira interrogans*, and *Toxoplasma gondii* // PLoS ONE. V. 13 (4). 10 p.
- Pollack J.D. 2001. Caspian seal die-off is caused by canine distemper virus // Trends in Microbiology. V. 9. 108 p.
- Badamshin B.I. 1966. The age composition of producing females of the Caspian seal as an indicator of its stock status // Trudy KaspNIRH. Vol. 22. Moscow. Pishhevaya promishlennost. P. 68–73. (In Russ.)
- Badamshin B.I. 1971. On the mass death of the Caspian seal // Trudy KaspNIRH. Vol. 26. P. 261–264. (In Russ.)
- Baimukanov M.T. 2017. How to protect the Caspian seal (*Pusa caspica*)? // Proceedings of the National Academy of Science of the Republic of Kazakhstan. Section Biology and Medicine. № 6 (324). P. 100–111. (In Russ.)
- Bukharitsin P.I., Golubov B.N., Ivanov A. Yu. 2016. Features of hydrology and the bottom mineral structure of the Caspian Sea oil fields. Methods of forecasting and monitoring of the oil-formations fluid emissions in the conditions of expansion of offshore oil and gas production. Palmarium Academic Publishing Saarbrücken, Deutschland. P. 110.
- Bukharitsin P.I., Golubov B.N. 2017. Formation fluids of the Caspian Sea as an element of the habitat of the Caspian seal. LAP LAMBERT Academic Publishing RU. 51 c. (In Russ.)
- Bukharitsin P.I., Ivanov A. Yu., Golubov B.N. 2021. Expression of the oil-formation fluids in the Caspian Sea. // Proceedings of the VIII sci. conf. «Problems of the Caspian Sea ecosystem conservation and protection in the condition of oil and gas production development», Astrakhan, Russia, October 22, 2021. P. 56–65. (In Russ.)
- Volodina V.V. 2014. Morpho-functional condition of inner organs and tissues of the Caspian Seal (*Phoca caspica*, Gmelin, 1788) in current conditions. PhD Abstract. – Biology. Astrakhan. 205 P. (In Russ.)
- Golubov B.N., Ismailov D.F. 2003. Pipe-shaped loosened structures under the bottom of the Northern Caspian Sea and the fluid regime of its subsoil // Oil and gas genesis. Proceedings of the sci. conf. Moscow, April 15–18, 2003 r. Dmitrievskiy D.N., Kontorovich A.E. (Editors). Moscow: GEOS Publish. P. 78–80. (In Russ.)
- Dmitrieva L., Baimukanov M.T., Baimukanov T., Kazimbekov E., Ismagambetov B., Kaldibaev S., Karamendin K., Kasimbekov E., Verevkin M., Wilson S., Goodman S. 2015. Seasonal migrations and habitat use by Caspian seals // Marine mammals of the Holarctic. VIII International Conference (22–27 September, 2014. Sankt-Peterburg). Abstracts of the reports. Moscow. Russian public organization “Council of the Marine Mammals” Vol. 1. P. 160–164.
- Ershova T.S., Tanasova A.C., Zaitsev V.F., Volodina V.V. 2016. Heavy metals in the body of the Caspian seal (*Phoca caspica*, Gmelin, 1788) // Proceedings of Dagestan State Pedagogical University Vol. 10. № 2. P. 27–34.
- Ershova T.S., Zaitsev V.F. 2016. Mercury content in organs and tissues of the Caspian seal (*Phoca caspica*, Gmelin, 1788) // South of Russia. Ecology, development. Vol. 11. № 1. P. 69–78.
- Zakharova N.A. 2007. Reasons for the decline in abundance of Caspian seals // Advances in investigation, conservation and restoration of aquatic living resources in the XXI century. Reports abstracts of the International Scientific-Practical conference (16–18 October, 2007, Astrakhan). Astrakhan, KaspNIRH Publishing. P. 49–51.
- Zakharova N.A. 2008. Beaching of the Caspian seals (*Phoca caspica*) on the Dagestan coast in the autumn 2007

- // Marine mammals of the Holarctic. Reports Abstracts of the Vth International Conference (14–18 October, 2008, Odessa). Moscow. Russian public organization «Council of the Marine Mammals». P. 613–614.
- Ivanova T.P., Trifonov V.G. 2002. Seismotectonics and current conditions of fluctuations in the Caspian Sea level // *Geotectonics*. № 2. P. 27–42.
- Kalinina E. Yu., Yagmurov O.D., Setko N.P. 2016. Forensic medical examination of intoxication with household and sulfur-containing natural gas: a manual for doctors. Moscow. Academy of Natural Sciences Publishing. 109 pp.
- Kan V.B., Belikov I.E. 2002. Forensic medicine. Ekaterinburg: Ural Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 115 pp.
- Klevezal G.A. 2007. Principles and methods of age determination in mammals Moscow.: association of scientific publishing houses KMK. 282 pp.
- Kuznetsov V.V. 2017 a. On the current status of the Caspian seal population // *Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Biological science. Seria: Fishery*. № 1. P. 35–45.
- Kuznetsov V.V. 2017 b. The impact of fishing on the structure of the Caspian seal population in historical retrospect // *Proceedings of VNIRO*. Vol. 168. P. 14–25.
- Kuznetsov V.V., Proskurina V.V. 2021. Monitoring of the natural mortality in the population of the Caspian seal (*Phoca caspica*) // *Proceedings of VIII scientific-practical conference «Challenges of preserving the ecosystem of the Caspian Sea in the conditions of oil and gas fields development»*, Astrakhan, Astrakhan State Technical University Publishing. 22 October, 2021. P. 175–182.
- Lartseva L.V., Boldireva Ya. M., Evdokimova M.P. 2001. On the death of the Caspian seal // *Fisheries science in the XXI century. Reports abstracts of All-Russian Conference of young scientists* (Vladivostok, 21–23 May, 2001). Vladivostok: TINRO Publishing. P. 8–9.
- Lebedev S.A., Kostianoi A.G., Ginsburg A.I. 2015. Dynamics of the Caspian Sea according to instrumental measurements, simulation results and remote sensing data // *Applied aspects of the geology, geophysics and geoecology using modern information technologies. Abstracts of the III^d International scientific-practical conference*. Maikop, 11–14 May, 2015. Maikop. Individual entrepreneur Kucherenko Viacheslav Olegovich Publishing house. P. 146–179.
- Lushvin P.V., Karpinskiy M.G. 2009. Causes of sharp reductions in zoobenthos biomass and their consequences // *Russian Fisheries*. № 5. P. 65–69.
- Lushvin P.V. 2019. Possible reason of fluctuations in abundance of Caspian and White Sea seals // *Proceedings of the VII International Scientific Conference «Marine researches and education (MARESEDU-2018)»*. Vol. I (IV). Tver: LLC «PoliPRESS». P. 124–126.
- Makruchin A.V., Beliaikov V.P., Chinareva I.D., Vasiliev A.S., Fefilova E.B., Kononova O.N. 2014. Toxicosis of hydrobionts and their pathogenic evolution // *Astrakhan Bulletin of Environmental Education*. № 4 (30). P. 89–96.
- Patin S.A. 1979. The impact of pollution on biological resources and productivity of the World Ocean. Moscow: «Pishevaya promishlennost» Publishing House. 304 P.
- Putans B.A., Merklin L.P., Ambrosimov A.K., Ivanov A. Yu. 2019. Fluidodynamic anomalies of the Caspian Sea // *Neftgaz*. № 1 (85). P. 74–77.
- Romeis B. 1953. Microscopic technique. Moscow.: «Foreign literature» Publishing House. 719 P.
- Samishenko S.S. 2021. Forensic medicine. 3-d Edition, revised and expanded. Moscow.: «YuRight». 471 P.
- Skriabin K.I. 1928. Method of complete helminthological autopsies of vertebrates, including humans. Moscow-Leningrad.: Moscow State University Publishing. 45 P.
- Sludskiy A.A., Badamshin B.I., Bekenov A., Grachev Yu.A., Kadyrbaev H.K., Lazarev A.A., Strautman E.I., Fadeev V.A., Fedoseenko A.K. 1981. Mammals of Kazakhstan. In 4 volumes. V.3, part 1. Alma-Ata. Nauka Publishing. P. 200–231.
- Forensic medicine: Textbook for universities*. 2000. Edited by prof. A.F. Volynsky. M.: UNITY-DANA, Justice and law Publishing. 639 p.
- Huraskin L.S., Zakharova N.A. 2000. Modern conditions for the formation of biological resources of the Caspian seal population // *Marine mammals of the Holarctic. Abstracts Reports of International Conference* (21–23 September, 2000, Arkhangelsk). Moscow. Russian public organization «Council of the Marine Mammals». P. 414–417.
- Huraskin L.S., Zakharova N.A., Kuznetsov V.V., Shestopalov A.B., Khoroshko V.I. 2002. Regarding the possible causes of the mass death of the Caspian seal in 2000 // *Marine mammals of the Holarctic. Abstracts Reports of the IInd International Conference* (10–15 September, 2002, Listvianka). Moscow. Russian public organization «Council of the Marine Mammals». P. 276–277.
- Huraskin L.S., Zakharova N.A., Kuznetsov V.V., Khoroshko V.I. 2004. New monitoring data of the Caspian seal (*Phoca caspica*) // *Marine mammals of the Holarctic. Abstracts Reports of the III^d International Conference* (11–17 October, 2004, Moscow). Moscow. Russian public organization «Council of the Marine Mammals». P. 568–573.
- Chapovsky K.K. 1932. On the «dead-floating» Caspian seal // *Proceedings of Leningrad Ichthyological Institute*. Vol. 13, Ser. 2. P. 159–165.
- Hawkins S.F.C., Guest P.C. 2016. Multiplex Analyses Using Real-Time Quantitative PCR // *Multiplex Biomarker Techniques*. NY: Springer New York. P. 125–133.
- Kuiken T., Kennedy S., Barrett T., Van de Bildt M.W.G., Borgsteede F.H., Brew S.D., Codd G.A., Duck C., Deaville R., Eybatov T., Forsyth M.A., Foster G., Jepson P.D., Kydyrmanov A., Mitrofanov I., Ward C.J., Wilson S., Osterhaus A.D. 2006. The 2000 Canine Distemper Epidemic in Caspian Seals (*Phoca caspica*): Pathology and Analysis of Contributory Factors // *Veterinary Pathology*. V. 43 (3). P. 321–338.
- Namroodi S., Shirazi A.S., Khaleghi S.R., Mills J.N., Kheirabady V. 2018. Frequency of exposure of endangered Caspian seals to Canine distemper virus, *Leptospira interrogans*, and *Toxoplasma gondii* // *PLoS ONE*. V. 13 (4). 10 p.
- Pollack J.D. 2001. Caspian seal die-off is caused by canine distemper virus // *Trends in Microbiology*. V. 9. 108 p.

Поступила в редакцию 01.04.2022 г.
Принята после рецензии 20.04.2022 г.



Водные биологические ресурсы

Влияние факторов среды на величины запасов рыб в Балтийском море

В.М. Амосова, А.С. Зезера, Т.А. Голубкова

Атлантический филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»), ул. Дм. Донского 5, Калининград, 236022

E-mail: amosova@atlantniro.ru

Цель работы: оценить влияние абиотических условий на водные биологические ресурсы (шпрот, сельдь, треска) Балтийского моря. Необходимость данного исследования обусловлена выраженной изменчивостью климата в современный период. Отмечается возросшая роль воздействия условий среды на промысловые виды рыб и, часто, неблагоприятных для их нереста, выживаемости потомства, нагула и т. д.

Используемые методы: проводили интегрированный экосистемный анализ методом главных компонент в программной среде R. Для обнаружения статистически значимых уровней изменений во временных рядах главных компонент применялась программа STARS, представленная надстройкой Excel. Для анализа абиотических условий были использованы многолетние ряды по температуре воздуха, данные регулярных океанологических наблюдений на мониторинговой станции. Поскольку запасы промысловых видов рыб в Балтийском море относятся к трансграничным, величины их нерестовых биомасс, биологические параметры популяций анализировались по данным Рабочих групп ИКЕС.

Новизна: подобный анализ для 30-летнего периода, адаптированный к российской акватории 26 ПР ИКЕС, проводится впервые.

Результат: интегрированный анализ абиотической и биотической компонент моря за последние три десятилетия показал «мезомасштабные» сдвиги в 2002 и 2013 гг. Прямое и опосредованное влияние климата на запасы рыб Балтийского моря явилось важным неблагоприятным фактором, определяющим современное состояние, размерно-весовые параметры, репродуктивную способность и динамику водных биологических ресурсов Балтийского моря. Наиболее выраженное негативное влияние факторов среды отмечено для запаса трески.

Практическая значимость: результаты проведенного анализа необходимы при прогнозировании величин вылова водных биологических ресурсов в Балтийском море на краткосрочную и долгосрочную перспективы, для принятия управленческих решений по регулированию промысла с точки зрения понимания рисков в современных условиях изменения климата.

Ключевые слова: Балтийское море, факторы среды, шпрот (килька), балтийская сельдь (салака), треска, запас, промысел.

Influence of environmental factors on fish stocks in the Baltic Sea

Victoria M. Amosova, Alexander S. Zezera, Tatyana A. Golubkova

Atlantic Branch of «VNIRO» («AtlantNIRO»), 5, Dm. Donskoy street, Kaliningrad, Russia, 236022

The aim of this article: assess the impact of abiotic conditions on aquatic biological resources (sprat, herring, cod) of the Baltic Sea. The need for this study is due to the pronounced climate variability in the modern period. There is an increased role of the impact of environmental conditions on commercial fish species and, often, unfavorable for their spawning, survival of offspring, feeding, etc.

Methods used: carried out an integrated ecosystem analysis using the method of principal components in the R software environment. To detect statistically significant levels of changes in the time series of principal components, the STARS program, represented by an Excel add-in, was used. For the analysis of abiotic conditions, long-term series of air temperature, data from regular oceanological observations at a monitoring station were used. Since the stocks of commercial fish species in the Baltic Sea are transboundary, the values of their spawning biomass and biological parameters of populations were analyzed according to the data of the ICES Working Groups.

Novelty: this is the first time that such an analysis for a 30-year period adapted to the Russian water area in SD ICES 26 has been carried out.

Result: an integrated analysis of the abiotic and biotic components of the sea over the past three decades showed «mesoscale» shifts in 2002 and 2013. The direct and indirect impact of climate on the fish stocks of the Baltic Sea was an important unfavorable factor determining the current state, size and weight parameters, reproductive capacity and stocks dynamics. The most pronounced negative impact of environmental factors was noted for the stock of cod.

Practical significance: the results of the analysis carried out are necessary when predicting the catch of aquatic biological resources in the Baltic Sea for the short and long term, for making management decisions on the regulation of fishing in terms of understanding the risks in the current conditions of climate change.

Keywords: Baltic Sea, environmental factors, sprat, herring, cod, stock, fishery.

ВВЕДЕНИЕ

Водные биологические ресурсы (ВБР) Балтийского моря имеют важное значение в экономике прибалтийских стран, что обусловлено близостью промысловых районов от незамерзающих портов, береговых предприятий переработки и сбыта продукции, климатическими и гидрологическими условиями, определяющими круглогодичный лов рыбы. Отечественный рыболовный промысел в Балтийском море нацелен на такие промысловые виды ВБР, как шпрот (килька) (*Sprattus sprattus balticus* Schneider, 1908), балтийская сельдь (салака) (*Clupea harengus membras* L., 1761), треска (*Gadus morhua callarias* L., 1758). Популяции данных видов рыб в Балтийском море относятся к трансграничным, имеют обособленные ареалы распределения, поэтому разделены на единицы запасов международного регулирования. Российский промысел, в первую очередь, интересуется шпрот 22–32 подрайонов ИКЕС, балтийская сельдь Центрального запаса (запас сельди 25–29 и 32 подрайонов ИКЕС (исключая Рижский залив)), треска 25–32 подрайонов ИКЕС Балтики (восточно-балтийская треска или треска восточного запаса) [Report of the..., 2021 a].

Экосистема Балтийского моря в конце 1980-х, в начале 1990-х гг. «перешла» в новое качественное состояние. В ихтиоценозе произошёл переход от системы, в которой доминировала треска, к системе с доминированием шпрота (top down контроль сменился up-down контролем). Основными причинами режимного сдвига наряду с антропогенным влиянием (промысел, эвтрофикация и др.) были изменения основных режимобразующих факторов, определяющих температурный, солевой, кислородный режимы в различных слоях моря и соответственно условия нереста, нагула, питания основных промысловых рыб. Влияние абиотических факторов отразилось на видовом составе, численности и функционировании зоопланктонного и рыбного сообществ [MacKenzie et al., 2000; MacKenzie, Koster, 2004; Зезера, 2009; Зезера, Иванович, 2011; Зезера и др., 2012, 2014; Карпушевский и др., 2013; Amosova et al., 2016; Амосова и др., 2017]. Увеличилась пространственная неоднородность распределения промысловых видов рыб в рамках единиц запаса, усилилась межвидовая и внутривидовая конкуренция мелкосельдевых из-за снижения пресса хищничества трески и сокращения её запаса [Amosova et al., 2016; Report of the Inter-Benchmark, ... 2020; Report of the ICES..., 2021]. Изменилась не только структура рыбного сообщества в целом, но и биологические и физиологические параметры самих популяций. С начала 1990-х гг. характерным стало доминирование более мелких видов

рыб, а внутри отдельных видов – особей более мелкого размера, и, соответственно, массы [Daufresne et al., 2009].

Прямое и опосредованное влияние климата на ВБР Балтийского моря является важным фактором, определяющим современное состояние, размерно-весовые параметры, репродуктивную способность, динамику, величины запасов и объёмы добычи ВБР Балтийского моря. Для принятия управленческих решений по регулированию промысла с точки зрения понимания рисков в современных условиях изменения климата, в данной работе проведена оценка влияния абиотических условий на основные промысловые виды рыб (шпрот, сельдь, треска) Балтийского моря.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Карта подрайонов ИКЕС и расположение мониторинговой океанографической станции Р-1 в Балтийском море представлены на рис. 1.

Рассматривали временной период после основного «режимного сдвига» в конце 1980-х, в начале 1990-х гг., а именно, 1991–2020 гг. Под негативным влиянием факторов среды на величины запасов рыб, составляющих основу сырьевой базы отечественного рыболовства, подразумевали такое влияние абиотических факторов на биотическую компоненту экосистемы моря, которое влечёт за собой снижение величин запасов ВБР, изменение их биологических и физиологических параметров. В работе приведён достаточно полный литературный обзор отечественных и зарубежных научных публикаций. Величина нерестовой биомассы рыб в рамках единиц запасов, их общий вылов всеми прибалтийскими странами, биологические и физиологические параметры популяций анализировались по данным Рабочих групп ИКЕС по оценке запасов рыб и рыболовства в Балтийском море 2021 г. (ICES WGBFAS 2021) и по Балтийским Международным съёмкам рыб (ICES WGBIFS 2021) [Report of the..., 2021 a, b], в которых регулярно (на постоянной основе) работают специалисты АтлантНИРО. Инструменты оценок запасов рыб Балтики представляют собой общепризнанные модели расчётов и используются для описания, текущего состояния популяций, ретроспективного анализа и прогнозирования. В качестве биотических переменных при анализе были использованы многолетние ряды по динамике нерестовой биомассы, численности пополнения, естественной смертности, средней массы, длины и т. д. для шпрота, балтийской сельди и трески. Российский вылов основных водных биологических ресурсов, добываемых в 26 и 32 подрайонах ИКЕС,

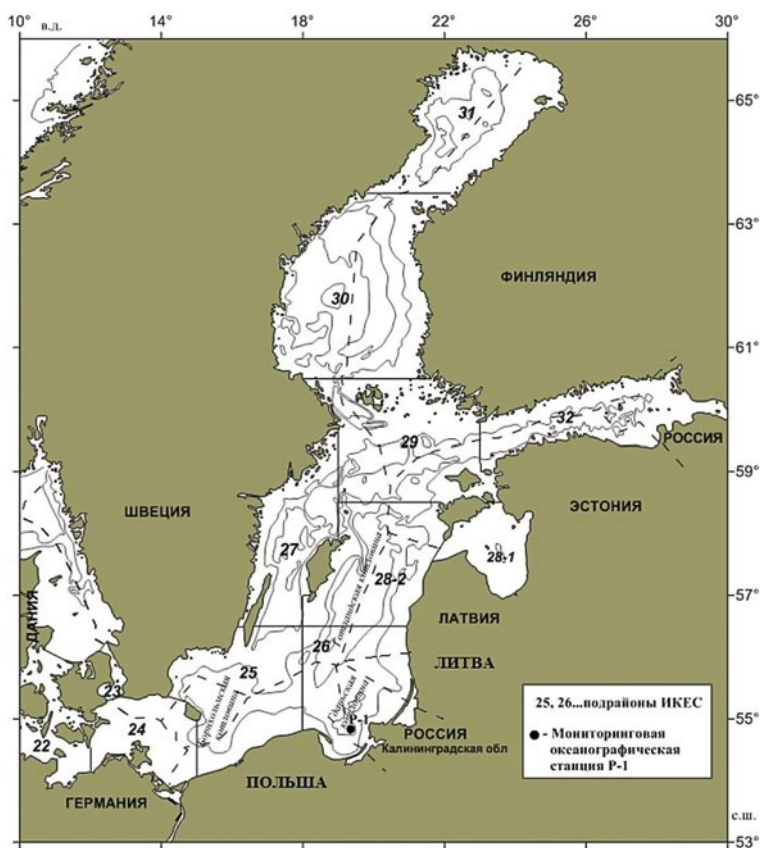


Рис. 1. Подрайоны ИКЕС Балтийского моря и расположение мониторинговой океанографической станции Р-1
Fig. 1. The Baltic Sea ICES subdivisions and location of an oceanographic monitoring station P-1

анализировался по ежегодным отчётам Западно-Балтийского и Северо-Западного территориальных управлений Росрыболовства об освоении выделенных российских квот вылова рыбы в 26-м и 32-м подрайонах ИКЕС Балтийского моря, а также по данным судовых суточных донесений из «Информационно-справочной системы АтлантНИРО» [Коломейко, Васильев, 2019].

Для анализа абиотических условий в юго-восточной части Балтийского моря были использованы данные регулярных океанологических наблюдений на мониторинговой станции Р1 в Гданьской котловине, многолетние ряды измерений на которой корректно характеризуют основные тренды изменения характеристик водных масс [база данных Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»),¹ океанографическая база данных ИКЕС²]. За период 1991–2020 гг. были рассчитаны средние месячные значе-

ния температуры, солёности и содержания кислорода в различных слоях моря. Для анализа были приняты средние значения по августу, который наиболее показателен для оценки среднегодовой ситуации абиотических условий, является периодом окончания нереста трески и шпрота, важен для выживаемости их потомства, а также нагула рыб. Концентрация сероводорода в глубинном слое Гданьской котловины представлена выборкой из базы ИКЕС всех случаев фиксации данного показателя газового режима в пределах каждого года за исследуемый период. Проанализированы среднегодовые температуры воздуха в г. Калининград,³ среднегодовые температуры моря на поверхности,⁴ многолетние данные по аноксии и гипоксии в Балтийском море [Hansson, Viktorsson, 2020].

Для оценки изменчивости абиотической и биотической компонент моря был использован Интегрированный экосистемный анализ (ИЭА, Integrated ecosystem analysis – IEA), проведённый согласно Руководству по проведению Интегрированного Эко-

¹ Коломейко Ф.В. 2020. Автоматизированная система поддержки принятия решений в научных исследованиях водных биоресурсов и их промысле на основе пространственно-временного мониторинга. Дисс... канд. техн. наук. Калининград: МГУПП. 216 с.

² Океанографическая база данных ИКЕС. Доступно через: <https://www.ices.dk/data/data-portals/Pages/ocean.aspx> 16.03.2022.

³ Гидрометцентр России. Доступно через: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=26702> 16.03.2022.

⁴ База данных BSH. Доступно через: <http://www.bsh.de/DE> 05.12.2021 16.03.2022.

стемного Анализа.⁵ Для статистических вычислений методом главных компонент (principal component analysis – PCA) использовалась программная среда R version 3.6.3 for Windows⁶ и её пакеты для статистических вычислений (factoextra,⁷ gridExtra,⁸ ggplot2,⁹ reshape2,¹⁰ rmarkdown,¹¹ dplyr,¹² foreach,¹³ corrplot,¹⁴ explor¹⁵). Применялся программный скрипт ИКЕС 2010 г., модифицированный с учётом современной версии R и её пакетов. Модификация скрипта представлена руководителем группы математического моделирования и прогноза Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ») Пятинским М.М. в рамках обучения по Программе развития кадрового потенциала ФГБНУ «ВНИРО» по теме «Применение языка R в рыбохозяйственных исследованиях». Согласно методике проведения ИЭА¹⁶ анализировались первые две главные компоненты (ГК1 и ГК2), объясняющие в сумме не менее 50% дисперсии (разброса) значений; компоненты с дисперсией менее 10% не анализировались. Изучение временной динамики первых двух главных компонент и соответствующих факторных нагрузок на эти компоненты позволяло проследить и оценить основные структурные изменения, которые происходят с течением времени в экосистеме [Подгорный, 2017]. Доступные нам перемен-

ные с непрерывными рядами данных, которые были включены в представленный в работе ИЭА, отражают конкретную цель проведения исследования – оценить влияние абиотических факторов среды на промысловые виды рыб (шпрот, сельдь, треска) Балтийского моря. Среди них 15 абиотических и 18 биотических переменных (см. табл. 1, 2).

Для определения «мезомасштабных» временных «сдвигов» в исследуемый период проведён анализ временных рядов главных компонент абиотической и биотической переменных по алгоритму STARS [Rodionov, 2004], представленный надстройкой Excel¹⁷ и зарекомендовавший себя на международной и отечественной научной арене как основополагающий для подобных исследований. Метод STARS имеет ряд неоспоримых преимуществ по сравнению с другими способами обнаружения «режимного сдвига». Этот метод не требует никаких априорных гипотез о предполагаемых сроках наступления смены режима; может обнаруживать как резкие, так и постепенные изменения режима; способен достаточно рано обнаруживать «сдвиг» режима [Подгорный, 2017].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Вылов и состояние запасов основных промысловых видов рыб в Балтийском море

Ежегодный российский вылов основных промысловых видов рыб в исключительной экономической зоне России 26 и 32 подрайонов ИКЕС в Балтийском море за период 1992–2020 гг. варьировал от 33 до 74 тыс. т и в среднем составил около 46 тыс. т. При условии полного освоения российской квоты по основным промысловым видам рыб годовой вылов отечественных рыбодобывающих организаций в настоящее время может достигать около 80 тыс. т. Суммарный российский вылов шпрота, балтийской сельди, трески представлен на рис. 2.

Традиционно шпрот и сельдь составляли и составляют основу сырьевой базы отечественного рыболовства в Балтийском море. На долю пелагических видов ВБР в среднем за 1992–2021 гг. приходилось 92% вылова. Общий отечественный вылов в 2020–2021 гг. в Балтийском море основных промысловых видов рыб достиг исторического максимума и составил соответственно около 74 и 70 тыс. т.

В суммарном объёме вылова (всеми прибалтийскими странами) с середины 1990-х гг. доминирует шпрот (около 60% от общего объёма добычи). Около 30% приходится на сельдь центрального запаса,

⁵ Report of the ICES/HELCOM Working Group on Integrated Assessments of the Baltic Sea (WGIAB), 4–8 April 2011, Mallorca, Spain. ICES CM 2011/SSGRSP:03. 139 pp.

⁶ R-3.6.3 for Windows (32/64 bit). 2020 Доступно через: <https://cran.r-project.org/bin/windows/base/old/3.6.3> 15.03.2022.

⁷ Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. 2020. Доступно через: <https://cran.r-project.org/web/packages/factoextra/index.html> 15.03.2022.

⁸ Miscellaneous Functions for “Grid” Graphics. 2017. Доступно через: <https://cran.r-project.org/web/packages/gridExtra/index.html> 15.03.2022.

⁹ Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics. 2021. Доступно через: <https://cran.r-project.org/web/packages/ggplot2/index.html> 15.03.2022.

¹⁰ Flexibly Reshape Data: A Reboot of the Reshape Package. 2020. Доступно через: <https://cran.r-project.org/web/packages/reshape2/index.html> 15.03.2022.

¹¹ R Markdown. Analyze. Share. Reproduce. 2020. Доступно через: <https://rmarkdown.rstudio.com/> 15.03.2022

¹² A Grammar of Data Manipulation. 2022. Доступно через: <https://cran.r-project.org/web/packages/dplyr/index.html> 15.03.2022.

¹³ Массив: перебирающие методы. 2019. Доступно через: <https://learn.javascript.ru/array-iteration> 15.03.2022.

¹⁴ An Introduction to corrplot Package. 2021. Доступно через: <https://cran.r-project.org/web/packages/corrplot/vignettes/corrplot-intro.html> 15.03.2022.

¹⁵ Interactive Interfaces for Results Exploration. 2021. Доступно через: <https://cran.r-project.org/web/packages/explor/index.html> 15.03.2022.

¹⁶ Report of the ICES/HELCOM Working Group on Integrated Assessments of the Baltic Sea (WGIAB), 4–8 April 2011, Mallorca, Spain. ICES CM 2011/SSGRSP:03. 139 pp.

¹⁷ Regime Shift Detection. 2006. Доступно через: <https://www.beringclimate.noaa.gov/regimes/> 17.03.2022.

Таблица 1. Абиотические переменные, использованные для ИЭА

Table 1. Abiotic variables used for IEA

№ п/п	Условное обозначение	Значение переменной (единица измерения)
1	Tair_year_month	Среднегодовая температура воздуха в Калининграде (°C)
2	SST_Balt_aver_year	Среднегодовая поверхностная температура моря (°C)
3	T_0_10	Температура воды в слое 0–10 м (°C) в августе
4	T_80_100	Температура воды в слое 80–100 м (°C) в августе
5	T_100_dno	Температура воды в слое 100 м-дно (°C) в августе
6	S_0_10	Солёность воды в слое 0–10 м (‰) в августе
7	S_80_100	Солёность воды в слое 80–100 м (‰) в августе
8	S_0_100	Солёность воды в слое 0–100 м (‰) в августе
9	S_100_dno	Солёность воды в слое 100 м-дно (‰) в августе
10	O2_80	Содержание кислорода на 80 м (мл/л) в августе
11	O2_80_100	Содержание кислорода в слое 80–100 м (мл/л) в августе
12	O2_100_dno	Содержание кислорода в слое 100 м-дно (мл/л) в августе
13	level_Hypo	Глубина слоя с концентрацией кислорода менее 2 мл/л (гипоксия) в августе
14	H2S_average_dno	Среднегодовая концентрация сероводорода у дна (μmol/l)
15	Vol_H2S	Среднегодовой Объём вод (%) с аноксией (отсутствие кислорода – сероводород)

Таблица 2. Биотические переменные, использованные для ИЭА

Table 2. Biotic variables used for IEA

№ п/п	Условное обозначение	Значение переменной (единица измерения)
1	sprat_ssb	Нерестовая биомасса шпрота (тыс. т)
2	sprat_rec	Численность пополнения шпрота в возрасте 1 (млрд экз.)
3	sprat_W3_5	Средняя масса шпрота для возрастных групп 3–5 (г)
4	sprat_M3_5	Естественная смертность шпрота для возрастных групп 3–5
5	sprat_f3_5	Промысловая смертность шпрота для возрастных групп 3–5
6	her_ssb	Нерестовая биомасса сельди (тыс. т)
7	her_rec	Численность пополнения сельди в возрасте 1 (млрд экз.)
8	her_W3_6	Средняя масса сельди для возрастных групп 3–6 (г)
9	her_M3_6	Естественная смертность сельди для возрастных групп 3–6
10	her_f3_6	Промысловая смертность сельди для возрастных групп 3–6
11	cod_ssb	Нерестовая биомасса трески (тыс. т)
12	cod_rec	Численность пополнения трески в возрасте 0 (млн экз.)
13	cod_f4_6	Промысловая смертность трески в возрасте 4–6
14	CodMat50	Длина 50% созревания трески (см)
15	CodM4_6	Естественная смертность трески в возрасте 4–6
16	CodLinf	Теоретическая предельная длина трески (см)
17	CodLen4_6	Средняя длина трески в возрасте 4–6 (см)
18	CodW4_6	Средняя масса трески в возрасте 4–6 (г)

менее 10% – на треску. Суммарная величина вылова основных промысловых видов рыб в рамках единиц запасов всеми прибалтийскими странами была минимальной в 1992 г. (391 тыс. т), максимальной – в середине 1990-х гг. (около 790 тыс. т). В 2020 г. общий вылов шпрота, балтийской сельди и трески составил 454 тыс. т при среднемноголетнем значении

за 1974–2020 гг.– 583 тыс. т (см. рис. 3) [Report of the..., 2021 a].

Величина нерестовой биомассы запасов рыб является одним из важнейших показателей продукционной способности популяций и их биологического состояния. Текущие математические оценки запасов балтийских рыб, выполненные при помощи совре-

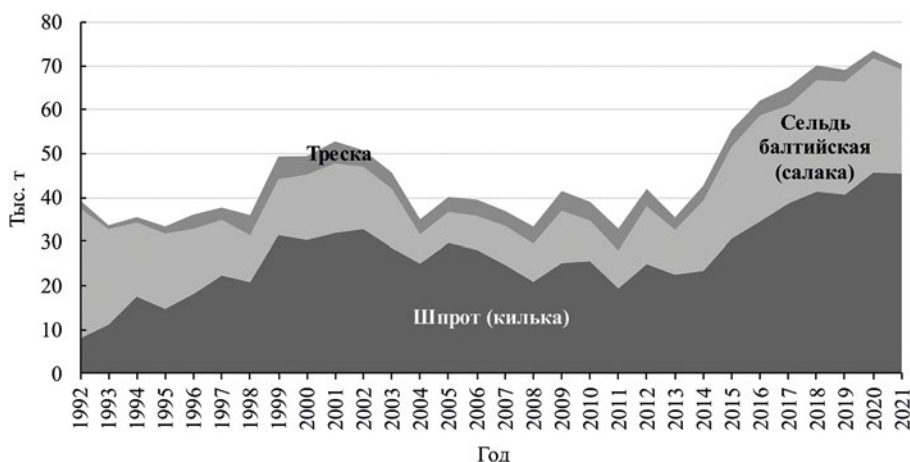


Рис. 2. Суммарный российский вылов шпрота, балтийской сельди (салаки) и трески в 26 и 32 подрайонах ИКЕС, трески в 26 подрайоне ИКЕС в 1992–2021 гг.

Fig. 2. Total Russian catch of sprat and herring in ICES Subdivisions 26 and 32, cod in ICES Subdivision 26 in 1992–2021

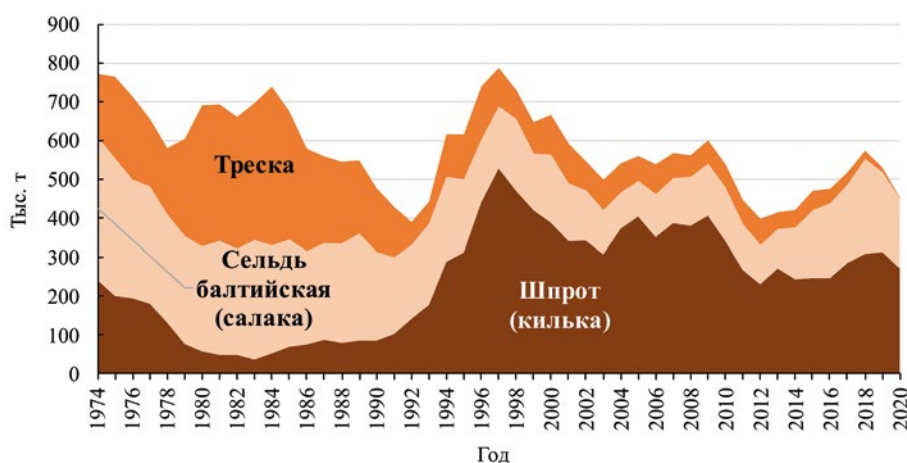


Рис. 3. Суммарный вылов шпрота 22–32 подрайонов ИКЕС, сельди 25–29 и 32 подрайонов ИКЕС (исключая Рижский залив) и трески 25–32 подрайонов ИКЕС всеми прибалтийскими странами в 1974–2020 гг.

Fig. 3. Total catch of sprat 22–32 ICES Subdivisions, herring 25–29 and 32 ICES Subdivisions (excluding the Gulf of Riga) and cod 25–32 ICES Subdivisions by all Baltic countries in 1974–2020

менных методов и программного обеспечения, свидетельствуют о том, что величина запаса шпрота находится в биологически безопасных пределах, балтийской сельди (салаки) — ниже предосторожного подхода, восточно-балтийской трески, несмотря на полное прекращение специализированного промысла странами Европейского союза с середины 2019 г., остаётся в депрессивном состоянии и на крайне низком уровне.

Суммарная величина запасов основных промысловых видов рыб в рамках единиц международного регулирования была максимальной в конце 1970-х — начале 1980-х гг. (более 3,2 млн т) и к 2020 г. достигла исторического минимума (около 1,3 млн т) при среднемноголетнем значении за 1974–2020 гг. — 1,9 млн т (см. рис. 4) [Report of the..., 2021 a].

В настоящее время, из суммарного объёма рыбных запасов, важных для отечественного рыболовства в Балтийском море, около 65% приходятся на шпрот (килька), более 30% — на сельдь балтийскую (салаку), менее 5% — на треску. Как приведено на рисунках выше, практически такое же соотношение по видам рыб наблюдается и на промысле.

Биомасса трески восточного запаса сосредоточена в основном в 25–26 подрайонах ИКЕС. В последнее десятилетие её депрессивное состояние во многом обусловлено биологическими параметрами самой популяции. Рост, навески и размер 50% созревания особей и, следовательно, репродуктивный потенциал существенно снизились. Естественная смертность увеличилась и в последние годы значительно превышает промысловую. Биомасса трески промыслового разме-

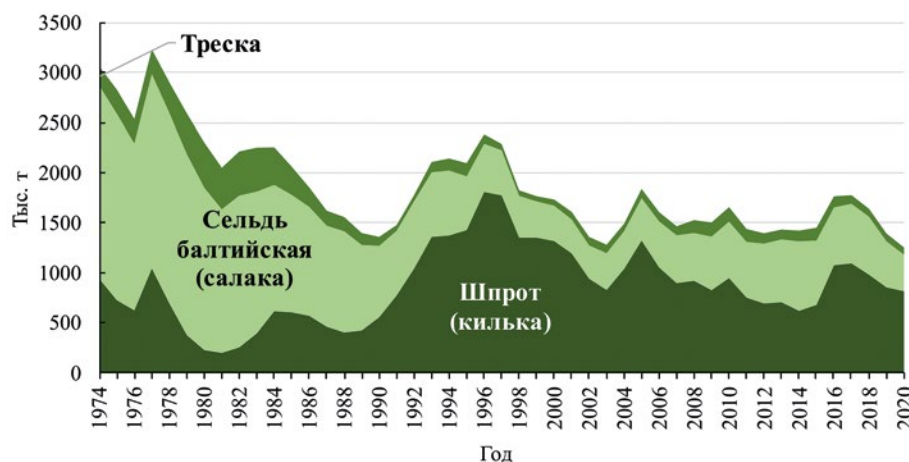


Рис. 4. Нерестовая биомасса шпрота 22–32 подрайонов ИКЕС, сельди 25–29 и 32 подрайонов ИКЕС (исключая Рижский залив) и трески 25–32 подрайонов ИКЕС в 1974–2020 гг.

Fig. 4. Spawning stock biomass of sprat 22–32 ICES Subdivisions, herring 25–29 and 32 ICES Subdivisions (excluding the Gulf of Riga) and cod 25–32 ICES Subdivisions in 1974–2020

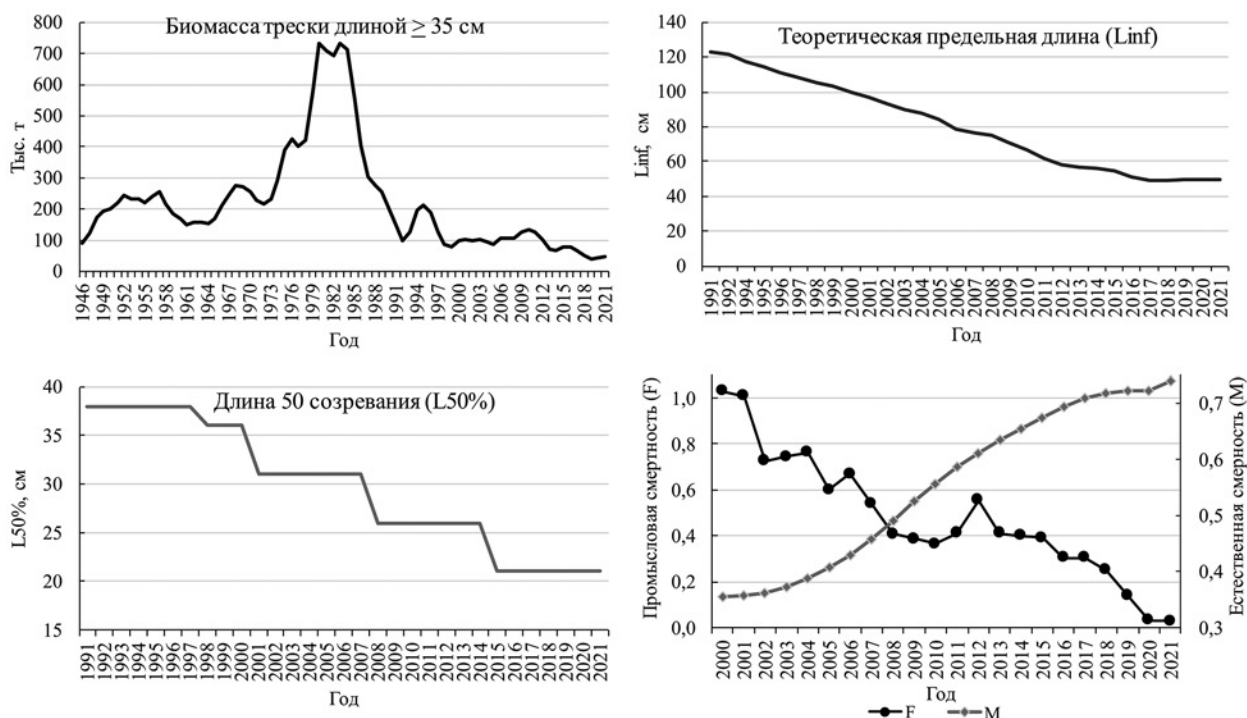


Рис. 5. Изменения в репродуктивной части популяции восточно-балтийской трески

Fig. 5. Changes in the reproductive part of the Eastern Baltic cod population

ра (≥ 35 см) в настоящее время находится на минимальном уровне с 1950-х гг. Изменения в репродуктивной части популяции восточно-балтийской трески иллюстрирует рис. 5.

Низкие темпы роста, плохое состояние и высокая естественная смертность трески обусловлены во многом изменениями в экосистеме.¹⁸ Одно из самых

заметных (важных) абиотических изменений, произошедших в экосистеме Балтийского моря, пятикратное увеличение площади гипоксических и бескислородных областей.¹⁹ Другой фактор – перераспределение

Eastern Baltic Cod Assessment (WKBEBCA). Gothenburg, Sweden, 2017. ICES CM 2017/SSGEPD:19 REF. ACOM, SCICOM. P. 9–11.

¹⁹ Amosova V.M., Karpushevskaya A.I., Karpushevskiy I.V. 2018. Estimation of natural mortality and growth rates of the Eastern Baltic Cod // Report of the Workshop on Evaluation of Input data to Eastern Baltic Cod Assessment (WKIDEBCA). Copenhagen. ICES CM 2018/ACOM: 36. Working Documents (WD) 5. P. 41–49.

¹⁸ Amosova V.M., Karpushevskaya A.I., Karpushevskiy I.V. 2017. Growth and maturity of eastern Baltic cod as illustrated by ICES subdivision 26 of the Baltic Sea // Report of the Workshop on Biological Input to

рыбных объектов питания (шпрота и сельди) в 28–29 подрайоны ИКЕС, за пределы основного ареала распространения трески (25–26 подрайоны ИКЕС), а также интенсивный промысел шпрота в 26 подрайоне. Следует отметить в ряду неблагоприятных факторов и интенсивность заражения паразитами, которая за последние 30 лет выросла, вероятно, из-за увеличения численности серых тюленей, являющиеся конечным хозяином этих паразитов²⁰ [Зезера и др., 2014; Casini et al., 2016, Амосова и др., 2017, 2018, 2019, 2020; Report of the..., 2021 a, b].

Многочисленные исследования свидетельствуют о доминирующем негативном влиянии гипоксии на условия нереста, выживаемость потомства, доступность (нехватку) бентосной пищи, основной обмен веществ, особенности жизненного цикла рыб, включая рост и физиологическое состояние [Зезера и др., 2014; Casini et al., 2016, Амосова и др., 2017, 2020; Report of the..., 2021 a, b]. В этой связи также необходимо отметить влияние гипоксии/аноксии на «сжатие объёма» обитания рыбных популяций. Пространственное сжатие подходящей среды обитания и, как следствие, скученность популяции может запускать процессы, зависящие от плотности (например, усиление внутривидовой и межвидовой пищевой конкуренции). В случае с балтийской треской сжатие среды обитания сопровождалось с середины 2000-х гг. увеличением численности трески, что потенциально ещё более ухудшило реакцию, зависящую от плотности. Плотность (скученность) трески (определяемая как соотношение между численностью трески и подходящими площадями, т. е. с кислородом более 1 мл/л), обусловленная сокращением подходящих местообитаний, стала ведущим драйвером сокращения численности, темпов роста, физиологического состояния трески за последние 20 лет [Casini et al., 2016].

В последние годы увеличилась пространственная неоднородность распределения пелагических промысловых видов рыб в рамках единиц запасов. Так, по данным международных тралово-акустических съёмов, максимальная общая биомасса как шпрота, так и сельди стала характерна для Центральной и Северной Балтики (28, 29 и 32 подрайоны ИКЕС). На долю 26 подрайона ИКЕС от единицы запаса шпрота приходится до 13–16%, сельди — около 10%.

Современный запас сельди Центральной Балтики находится в биологически безопасных пределах, однако величина её нерестовой биомассы в 2020 г. оказалась ниже величины предосторожного подхода и всего на 10% выше предельной величины. По данным ИКЕС в южной части моря, куда входит российская акватория 26-го подрайона, численность быстрорастущих сельдей снизилась, а в северной выросло количество медленнорастущих особей с низкими навесками по возрастам. Изменение соотношения численности различных группировок сельди в запасе — одна из причин снижения биомассы всего запаса [Report of the ICES ..., 2021 a, b; Труфанова, Амосова, 2021].

Величина запаса шпрота (после пика в 1995–1996 гг., снижения и колебаний численности/биомассы в последние 25 лет), напротив, сохраняется на высоком уровне (в биологически безопасных пределах и в состоянии полной репродуктивной способности), что в определённой степени определяется благоприятным для этого вида современным климатическим фоном, в частности, мягкими зимами, повышением температуры воздуха, водной толщи. Рост температуры воды увеличивает выживаемость икры и личинок шпрота, и в целом благоприятен для увеличения численности/биомассы вида [Nissling, 2004; Alheit et al., 2005].

С другой стороны, как отмечалось выше, пространственное сжатие подходящей среды обитания (следствие широкого распространения зон с дефицитом кислорода), увеличивает «перекрывание» ареалов шпрота и сельди и усиливает пищевую конкуренцию этих видов. В этой связи заслуживает внимание работа М. Казини с соавторами [Casini et al., 2010], в которой показано, что доминирующим фактором, определяющим колебания и величину запаса сельди, при достижении определённого (порогового) значения численности ($18 \cdot 10^4$ экз.) становится шпрот. То есть было обнаружено (в работе продемонстрировано, как), что один ведущий фактор, влияющий на вариации роста сельди (солёность-предиктор, который влияет на обилие одного из основных объектов питания сельди — Copepoda *Pseudocalanus* spp.), «переключился» на другой — межвидовую конкуренцию со шпротом [Möllmann, Köster, 2002; Renz, Hirche, 2006; Casini et al., 2006].

В целом при резком снижении хищничества трески современное состояние и динамика популяций этих ключевых пелагических промысловых видов во многом определяются усилением межвидовой конкуренции, опосредовано обусловленной современными климатическими изменениями (факторами).

²⁰ Plikshs M., Amosova V., Baranova T., Elferts D., Karpushevskaya A., Karpushevskiy I., Kruze E., Patokina F., Sics I., Statkus R., Vasilijeva T., Zezera A., Casini M. 2017. Has climate change affected the body condition of Baltic cod *Gadus morhua* L. in the eastern Baltic Sea? // BONUS SYMPOSIUM: Science delivery for sustainable use of the Baltic Sea living resources. Book of Abstracts. 17–19 October 2017, Tallinn, Estonia. P. 46. Доступно через: <https://www.bonus-inspire.org/symposium 21.12.2021>.

2. Анализ временной изменчивости абиотических и биотических переменных Балтийского моря в 1991–2020 гг.

Интегрированный анализ абиотических переменных, проведённый методом главных компонент (ГК), показал следующее (см. рис. 6–8). Главные компоненты 1 и 2 (1ГК, 2ГК) объясняют соответственно 48 и 18% дисперсии (в сумме 64% дисперсии), что является достаточным для анализа полученных результатов.

Рисунки демонстрируют динамику абиотической системы в 1991–2020 гг. По 1 ГК с 2002 г. наиболее важными и определяющими изменения явились переменные, связанные с потеплением климата и увеличением дефицита кислорода в придонном слое моря (падение концентраций кислорода в придонном, рост объёма вод с аноксией и гипоксией (содержание кислорода менее 2 мл/л, принятое как су-

Балтийскому морю с 1960 по 2020 гг. и в 26 подрайоне ИКЕС (Гданьском бассейне) иллюстрирует рис. 9.²¹

Наиболее широким распространением аноксии и гипоксии с 1960-х гг. отличались 2018, 2019 гг. Данные 2020 г. показали, что состояние аноксии и гипоксии уменьшилось, но уменьшение было незначительным. Площадь придонных вод с концентрацией кислорода менее 2 мл/л в 2020 г. составила 31% (от всей площади Балтийского моря), в 2018, 2019 гг.— 33% и 32%, соответственно.

Изменчивость климата в последние десятилетия, характеризующаяся положительным трендом температуры воздуха/воды (как следствие — значительным увеличением первичной продуктивности в верхнем слое моря и соответственно ростом углеродной нагрузки на придонные воды), изменением характера циркуляции воздушных/водных масс (результат, крайняя редкость мощных затоков, см. рис. 10), является

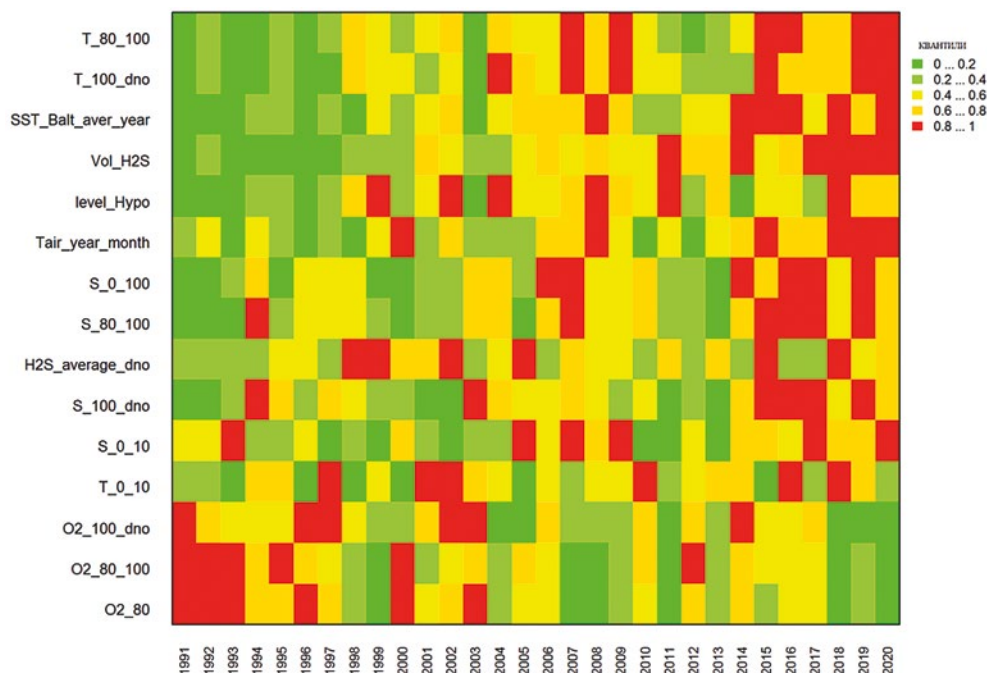


Рис. 6. Схема временного развития рядов абиотических переменных (обозначения см. табл. 1) за период 1991–2020 гг.

Fig. 6. Scheme of the temporal development of the abiotic variables series (denotation in tab. 1) for the period 1991–2020

блетальное или летальное для морских организмов и рыб).

Причём, наиболее ярко эти явления получили развитие после 2013 г. и сохраняются по настоящее время. Согласно нагрузкам по второй главной компоненте (2 ГК) после 2014 г. отмечается рост солёности по всей толще моря, расширение сероводородных зон (аноксия) и увеличение толщины слоя с условиями гипоксии. Наглядно динамику изменения объёма и площади водных масс с условиями аноксии в целом по

основополагающим природным фактором ухудшения газового режима Балтийского моря.

Интересно, но свидетельством негативного влияния температурных эффектов современного климата на кислородный режим моря была и последняя мощная адвекция (3-я в ряду главных балтийских затоков МВ) за период наблюдений с 1880 г., североморских вод в Балтику в декабре 2014 г. [Mohrholz et al., 2015].

²¹ База данных BSH. Доступно через: <http://www.bsh.de> 18.03.2022.

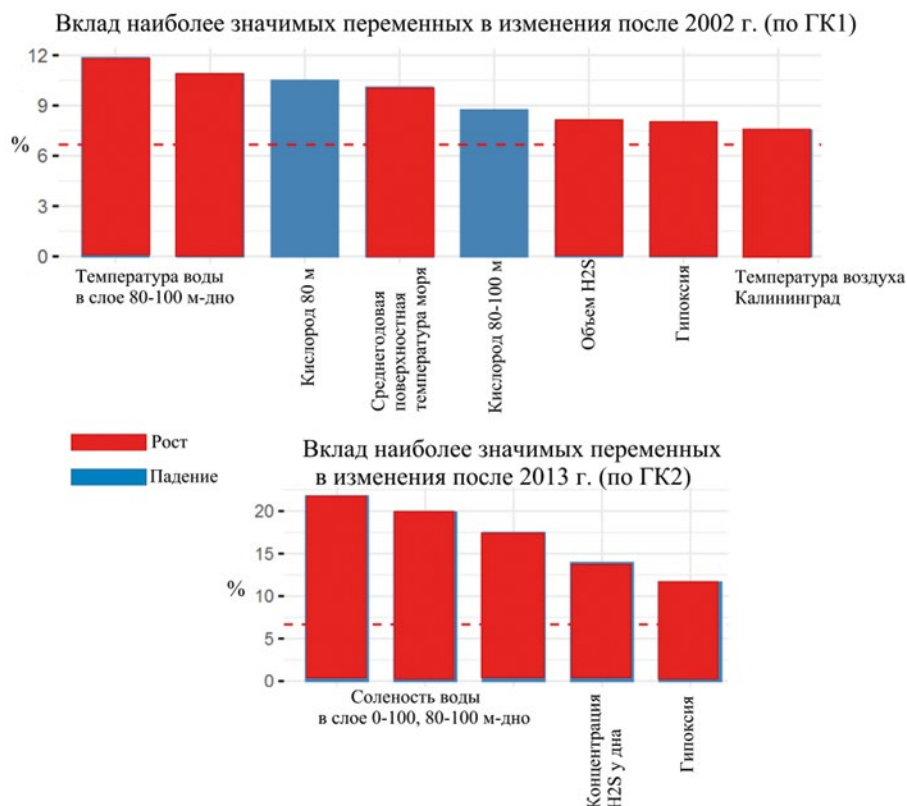


Рис. 7. Вклад абиотических переменных в 1 ГК и 2 ГК для 1991–2020 гг.

Fig. 7. Contribution of abiotic variables to PC1 and PC2 in 1991–2020



Рис. 8. Результаты анализа 1 ГК и 2 ГК методом STARS для абиотической компоненты (мезомасштабные режимные временные сдвиги)

Fig. 8. Results of the PC1 and PC 2 analysis by the STARS method for the abiotic component (mesoscale regime time shifts)

Несмотря на обновление вод и исчезновение сероводорода в глубинных слоях Южной и Центральной Балтики в 2015 г., данный заток тёплых и высокосолёных вод значительного влияния на улучшение кислородного режима не оказал. Уже в июне 2015 г. развитие условий гипоксии (концентрация кислорода менее 2 мл/л) глубже 80 м наблюдалось не только в Готландской, но и в Гданьской впадинах, а в июле и в Борнхольской котловине. В целом, неблагоприятные кислородные условия в Балтийском море, сло-

жившиеся на рубеже 2000-х гг., сохраняются и в настоящее время.

Результат интегрированного анализа биотических переменных, характеризующих состояние основных ВБР Балтийского моря, показан на рис. 11–13. Главные компоненты 1 и 2 объясняют соответственно 38 и 19% дисперсии (в сумме 57% дисперсии), что является достаточным для анализа полученных результатов.

Индекс изменчивости по 1 ГК демонстрирует отрицательный тренд с 2002 г. и далее после 2013 г.

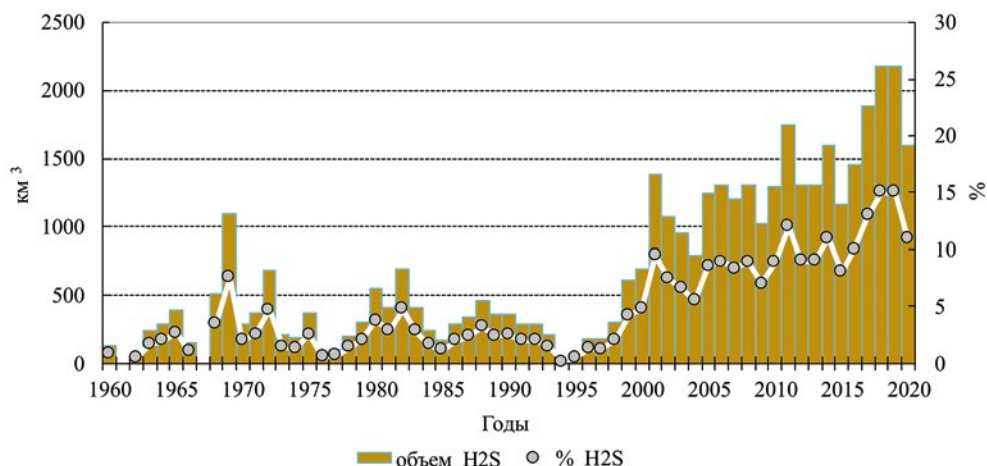


Рис. 9. Объем водных масс в Балтийском море с условиями аноksии (отсутствие кислорода – сероводород H_2S) в 1960–2020 гг. (по данным SMHI)

Fig. 9. The volume of water masses in the Baltic Sea with anoxic conditions (lack of oxygen – hydrogen sulfide H_2S) in 1960–2020 (SMHI data)

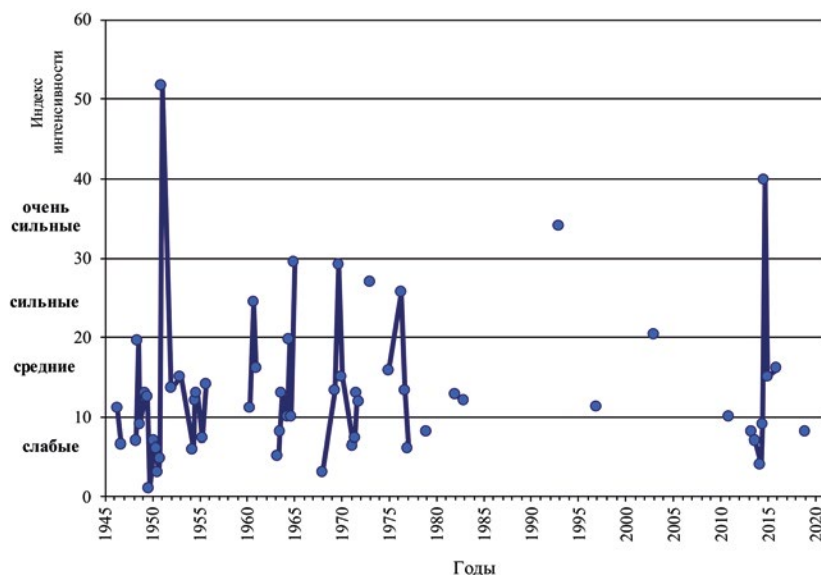


Рис. 10. Индекс интенсивности Главных зтоков (МБИ) за период с 1945 по 2020 гг. (продлён после Matthaus et al., 2008; данные Feistel et al., 2008)

Fig. 10. Intensity index of MBIs for the period 1945 to 2020 (extended after Matthaus et al., 2008; data from Feistel et al., 2008)

Наиболее важными и определяющими состояние рассматриваемой нами биотической компоненты моря явились переменные, связанные с ухудшением биологических характеристик трески и роста её естественной смертности, снижение биомассы шпрота (после её исторического пика в середине 1990-х гг.). По 2 ГК индекс изменчивости биотических переменных также демонстрирует негативные тенденции после 2002 г., что обусловлено снижением средней массы сельди в запасе, её биомассы, численности пополнения на фоне роста промысловой нагрузки на данный вид. Снизилась биомасса трески.

Совместные результаты анализа первой компоненты абиотической и биотической переменных с 1991 по 2020 гг. представлены на рис. 14.

Как видно из рис. 14, демонстрирующего «зеркальную» (разнонаправленную) изменчивость абиотических и биотических переменных, а также анализа литературных данных, представленных выше, можно заключить, что влияние абиотических факторов на современное состояние ВБР Балтийского моря в целом является неблагоприятным. Характер изменчивости, направления трендов, амплитуды вариальности различных параметров популяций промысловых

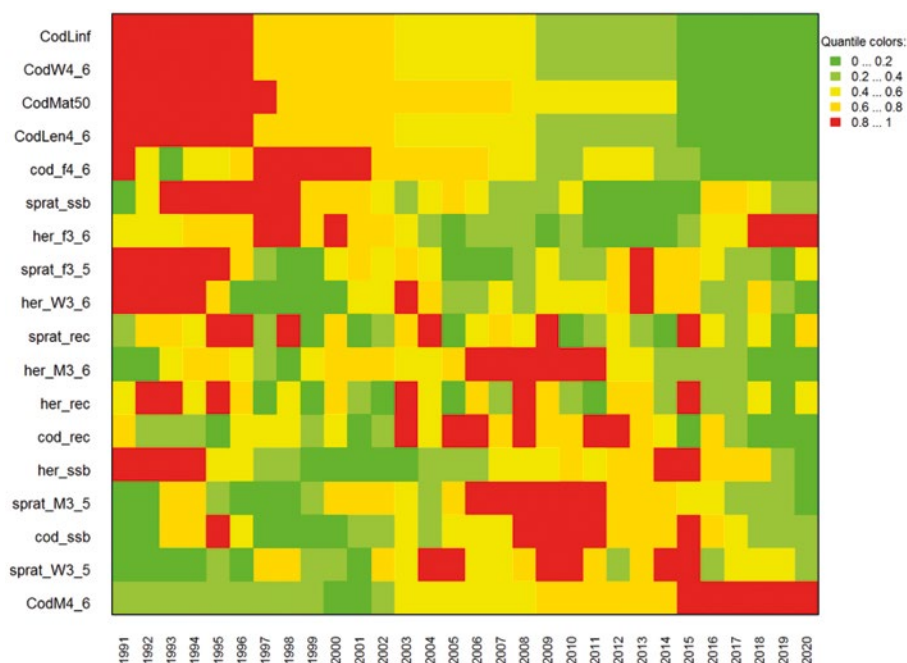


Рис. 11. Схема временного развития рядов биотических переменных (обозначения см. табл. 2) за период 1991–2020 гг.
Fig. 11. Scheme of the temporal development of the biotic variables series (denotation in tab. 1) for the period 1991–2020

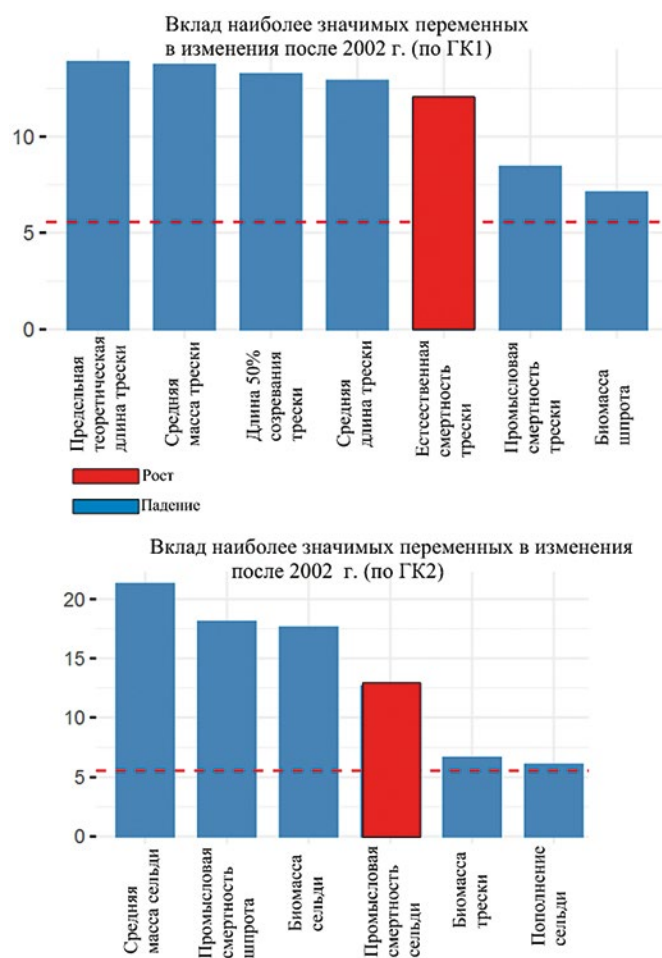


Рис. 12. Вклад биотических переменных в 1 ГК и 2 ГК для 1991–2020 гг.
Fig. 12. Contribution of biotic variables to PC1 and PC2 in 1991–2020

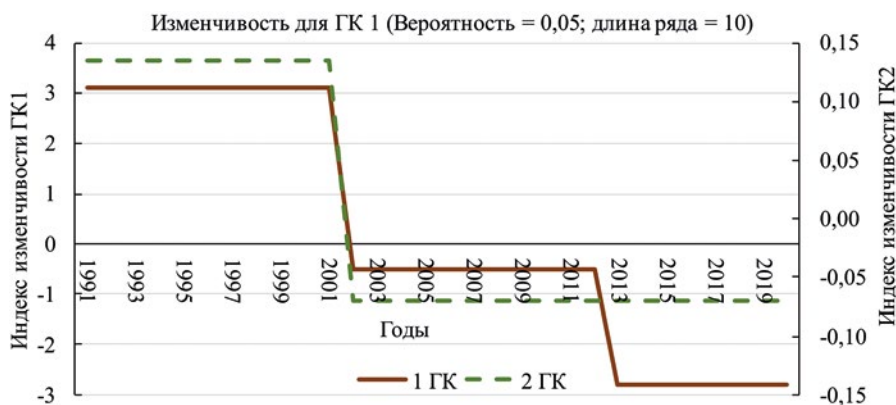


Рис. 13. Результаты анализа 1 ГК и 2 ГК методом STARS для биотической компоненты (мезомасштабные режимные временные сдвиги)

Fig. 13. Results of the PC1 and PC 2 analysis by the STARS method for the biotic component (mesoscale regime time shifts)



Рис. 14. Результаты совместного анализа первых главных компонент абиотической и биотической составляющих методом STARS (мезомасштабные режимные временные сдвиги)

Fig. 14. The results of the joint analysis of the first principal components (PC1) of the abiotic and biotic constituents by the STARS method (mesoscale regime time shifts)

видов рыб позволяет предположить, что последние 20–30 лет являются периодом адаптации (приспособления) ВБР к существованию в новых условиях как с точки зрения изменения условий окружающей среды, так и трофических взаимодействий.

На фоне современных климатических изменений прямое и опосредованное влияние абиотических факторов на состояние запасов трески, сельди, шпрота (обитающих на границах своих ареалов) значительно усилилось. Соответственно повысилась и вероятность экологических неопределенностей и рисков, связанных с использованием водных биологических ресурсов [Амосова и др., 2018].

Общая концептуальная схема влияния абиотических факторов на сырьевые ресурсы Балтийского моря представлена на рис. 15.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Суммарная величина запасов основных промысловых видов рыб Балтийского моря в рамках единиц международного регулирования в 2020 г. снизилась до исторического минимума с 1974 г.

Основу сырьевых ресурсов отечественного рыболовства в Балтике составляют пелагические виды (шпрот и балтийская сельдь). На долю добычи донных видов рыб приходится в среднем не более 10% от общего вылова. Общий отечественный вылов в 2020–2021 гг. в Балтийском море основных промысловых видов рыб составил соответственно около 74 и 70 тыс. т. При условии полного освоения российской квоты по основным промысловым видам рыб годовой вылов отечественных рыбодобывающих организаций в настоящее время может

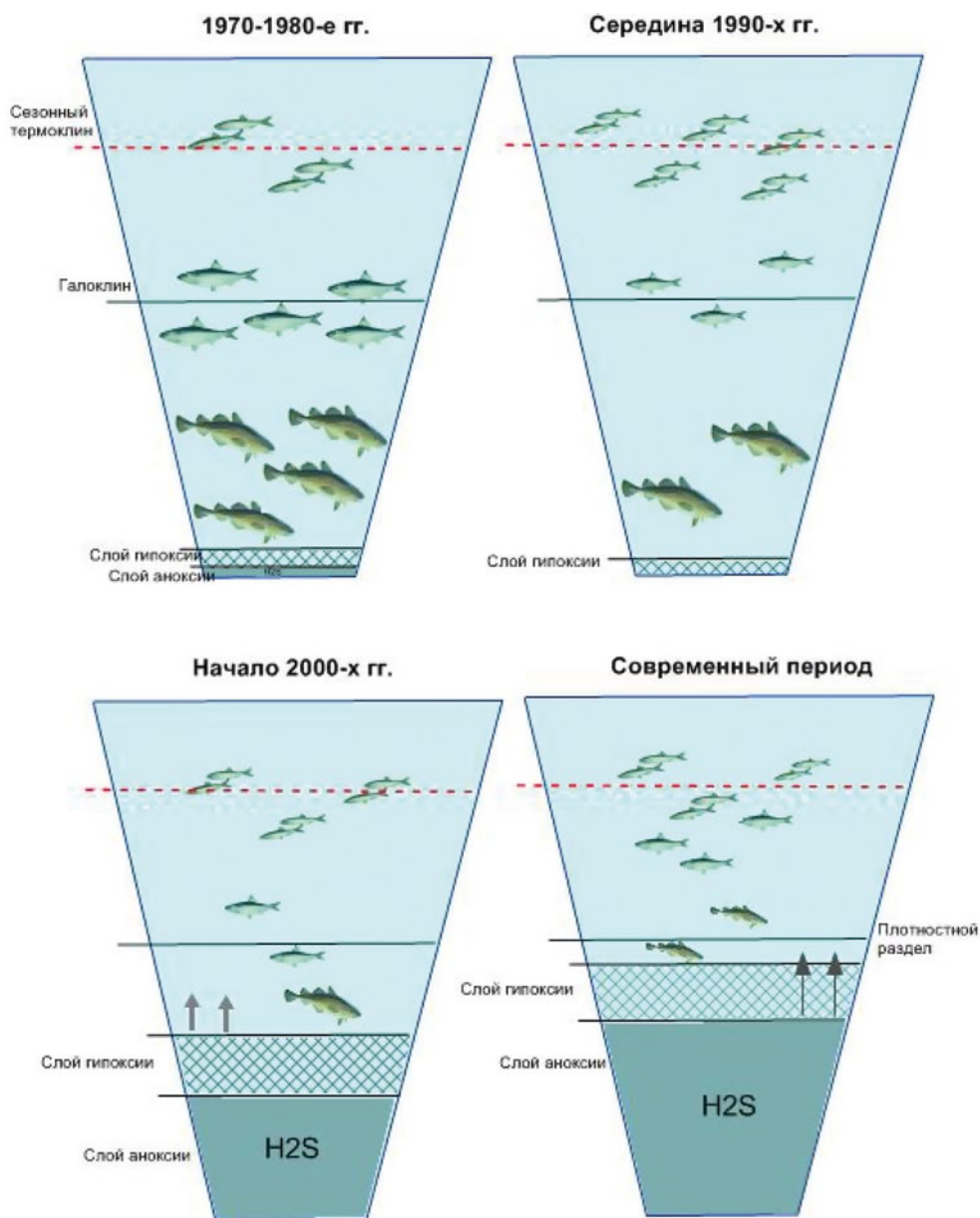


Рис. 15. Общая концептуальная схема влияния абиотических факторов на сырьевые ресурсы Балтийского моря (гипоксия – концентрация кислорода менее 2 мл/л; аноксия – отсутствие кислорода – сероводород H_2S ; галоклин – слой воды, в котором солёность резко изменяется с глубиной, он же плотностной раздел; термоклин (слой) температурного скачка – слой воды, в котором градиент температуры резко отличается от градиентов выше- и нижележащих слоёв)

Fig. 15. The general conceptual scheme of the influence of abiotic factors on the raw materials resources of the Baltic Sea (hypoxia – oxygen concentration less than 2 ml / l; anoxia – lack of oxygen – hydrogen sulfide H_2S ; halocline – a layer of water in which salinity changes dramatically with depth, it is also a density section; thermocline (layer) of a temperature jump – a layer of water in which the temperature gradient differs sharply from the gradients of the above- and underlying layers)

достигать около 80 тыс. т, что является предельной величиной.

Отличительной особенностью Балтийского моря (как внутреннего водоёма) от других окраинных морей РФ (Северного или Дальневосточного рыбохозяйственных бассейнов) является его ограниченная связь с Северным морем (через мелководные Датские проливы), что в современных условиях измене-

ния климата определяет ключевую (доминирующую) роль по воздействию на запасы ВБР Балтики, помимо температурных «эффектов» (общих для всех бассейнов) и факторов, регулирующих кислородный режим в глубоководной части акватории.

Изменчивость климата в последние десятилетия, характеризующаяся положительным трендом температуры воздуха/воды, изменением характера цирку-

ляции воздушных/водных масс, как результат, крайней редкостью мощных адвекций аэрированных северо-морских вод в Балтику, наряду со значительным увеличением первичной продуктивности (на фоне роста температуры) в верхнем слое моря и соответственно ростом углеродной нагрузки на придонные воды, являются ведущими драйверами (факторами) ухудшения газового режима Балтийского моря.

Интегрированный анализ абиотической и биотической компонент моря за последние три десятилетия (после основного режимного сдвига на рубеже 1990-х гг.) показал «мезомасштабные» сдвиги в 2002 и 2013 гг. На фоне роста температурных показателей окружающей среды и ухудшения кислородных условий моря, несмотря на снижение промысловой нагрузки на треску до исторического минимума, произошло падение её биомассы до критического уровня, ухудшение размерно-весовых параметров популяции и физиологического состояния, увеличение естественной смертности. Низким уровнем с конца 1990-х гг. характеризуются также размерно-весовые характеристики популяций пелагических рыб. Так, например, средние навески шпрота в сравнении с началом 1990-х гг. в современный период ниже в 1,5 раза, а сельди — в сравнении с началом 1980-х гг. более чем в 2 раза.

При резком снижении хищничества трески современное состояние и динамика популяций промысловых видов (шпрота, сельди, трески) во многом определяется возрастанием роли межвидовой и внутривидовой конкуренции, опосредовано обусловленной современными климатическими изменениями, определившими сжатие объёмов обитания (как следствие, усиление плотностных эффектов), а также доминированием в биоценозе моря (в том числе и в структуре планктона) более мелких видов, а внутри видов — более мелких особей. Преобладание мелких организмов указывает на неэффективную передачу энергии от первичных продуцентов на более высокие трофические уровни, в том числе меньшую доступность корма для личинок рыб и рыб планктофагов.

Уменьшение средней массы особей промысловых видов, изменение возрастной структуры репродуктивной части популяций ВБР к относительно большому количеству более молодых производителей также вносит вклад в снижение биомассы промысловых запасов.

Воздействие климатических (абиотических) факторов на ВБР и соответственно результаты промысла особенно велико для тех видов, которые находятся у «пределов» своей численности/биомассы/репродуктивной способности. Наглядный пример, как показа-

ло данное исследование, — треска восточного запаса Балтийского моря.

Литературный и интегрированный анализ, проведённый в нашем исследовании, — попытка разобраться в важности многочисленных прямых и косвенных абиотических и биотических факторов, которые одновременно влияют на состояние ВБР в Балтийском море, что может помочь в управлении промыслом. Учёт изменений климата, абиотических факторов и трофических взаимодействий имеет важное значение для оценки экологических рисков и неопределённостей при использовании водных биологических ресурсов, соответственно подразумевает проведение регулярных научных исследований и достаточного финансирования.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Исследование проводилось в соответствии с Государственной работой Атлантического филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АтлантНИРО»): «Осуществление государственного мониторинга водных биологических ресурсов во внутренних водах, в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации и в исключительной экономической зоне Российской Федерации, в Азовском и Каспийском морях».

ЛИТЕРАТУРА

- Амосова В.М., Васильева Т.Г., Зезера А.С. 2018. О перспективах развития отечественного промысла шпрота в Балтийском море до 2025 г. // Труды ВНИРО. Т. 171. С. 39–55. doi: 10.36038/2307–3497–2018–171–39–55.
- Амосова В.М., Зезера А.С., Васильева Т.Г. 2020. Анализ современного российского промысла шпрота в Балтийском море // Труды ВНИРО. Т. 182. С. 64–73. doi: 10.36038/2307–3497–2020–182–64–73
- Амосова В.М., Зезера А.С., Карпушевская А.И., Карпушевский И.В., Патокина Ф.А., Дмитриева М.А., Винокур М.Л., Шумилова К.Ю. 2017. Биологические и гидрологические компоненты, характеризующие многолетние изменения и современное состояние трески *Gadus morhua callarias* в Балтийском море (Гданьский бассейн, 26-й подрайон ИКЕС) // Вопросы Рыболовства. Т. 18. № 1. С. 42–51.
- Амосова В.М., Зезера А.С., Карпушевская А.И., Карпушевский И.В. 2019. О минимальном промысловом размере трески *Gadus morhua callarias* в Балтийском море // Вопросы Рыболовства. Т. 20. № 1. С. 73–82.

- Зезера А.С. 2009. Многолетние изменения абиотических условий в Балтийском море (1975–2007 гг.) // Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2006–2007 годах. Т. 1. Балтийское море и заливы. Калининград. С. 6–17.
- Зезера А.С., Амосова В.М., Патокина Ф.А., Карпушевский И.В., Васильева Т.Г., Калинина Н.А. 2014. Результаты интегрированного анализа изменений абиотических условий и величин запасов основных промысловых видов рыб в Балтийском море (юго-восточная часть, Гданьский бассейн, 26 подрайон ИКЕС) // Промыслово-биологические исследования АтлантНИРО в 2010–2013 годах. Т. 1. Балтийское море и его заливы. Калининград: Изд-во АтлантНИРО. С. 6–19.
- Зезера А.С., Иванович В.М. 2011. Изменения климата, абиотических условий и величины запасов основных промысловых видов рыб в Юго-Восточной Балтике в последние десятилетия // Мат. XV конф. по пром. океанологии, посвящённой 150-летию со дня рождения ак. Н.М. Книповича. Калининград: Изд. АтлантНИРО. С. 123–126.
- Зезера А.С., Иванович В.М., Патокина Ф.А., Карпушевский И.В., Васильева Т.Г. 2012. Изменения в экосистеме Балтийского моря (Юго-Восточная часть, Гданьский бассейн, 26 подрайон ИКЕС) в последние десятилетия // Тез. докл. XI Всерос. конф. по пробл. рыбопромыслового прогнозирования, посвящённой 150-летию со дня рождения ак. Н.М. Книповича 22–24 мая 2012 г. Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 28–31.
- Карпушевский И.В., Зезера А.С., Иванович В.М. 2013. Адаптационные особенности популяций пелагических и дemersальных рыб в пространственной и временной динамике фактора солёности вод Балтийского моря // Труды Зоологического института РАН. Приложение № 3. СПб. С. 128–135.
- Коломейко Ф.В., Васильев А.Г. 2019. Программно-информационное обеспечение исследований водных биоресурсов Атлантике // Труды ВНИРО. Т. 174. С. 81–90. <https://doi.org/10.36038/2307–3497–2018–174–81–90>
- Подгорный К.А. 2017. Требования и подходы к разработке биологических индикаторов и проведению интегрированного анализа состояния водных экосистем: обзор // Труды АтлантНИРО. Новая серия. Том 1, № 4. Калининград: АтлантНИРО. С. 5–45.
- Труфанова И.С., Амосова В.М. 2021. Долгосрочный прогноз российской добычи сельди в Балтийском море // Труды ВНИРО. Т. 186. С. 78–90. <https://doi.org/10.36038/2307–3497–2021–186–78–90>
- Alheit J., Mollmann C., Dutz J., Kornilovs G., Loewe P., Mohrholz V., Wasmund, N. 2005. Synchronous regime shifts in the central Baltic and the North Sea in the late 1980s. ICES Journal of Marine Science. No 62. P. 1205–1215. <https://doi.org/10.1016/j.jcesjms.2005.04.024>.
- Amosova V.M., Zezera A.S., Karpushevskaya A.I., Karpushevskiy I.V., Patokina F.A., Dmitrieva M.A. 2016. Integrated analysis of several biological/hydrological components and cod stomach data in the Gdansk Basin of the Baltic Sea // ICES ASC Handbook, Annual Science Conference (ASC), Riga, Latvia. ICES CM 2016/F:665. P. 32. <https://www.ices.dk/sites/pub/ASCEExtended2016/SitePages/Home.aspx>.
- Casini M., Bartolino V., Molinero JC, Kornilovs G. 2010. Linking fisheries, trophic interactions and climate: threshold dynamics drive herring *Clupea harengus* growth in the Central Baltic Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 413, 241–252. doi:10.3354/meps08592
- Casini M., Cardinale M., Hjelm J. 2006. Inter-annual variation in herring (*Clupea harengus*) and sprat (*Sprattus sprattus*) condition in the central Baltic Sea: What gives the tune? Oikos. No 112. P. 638–650. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2006.13860>.
- Casini M., Käll F., Hansson M., Plikshs M., Baranova T., Karlsson O., Lundström K., Neuenfeldt S., Gårdmark A., Hjelm J. 2016. Hypoxic areas, density-dependence and food limitation drive the body condition of a heavily exploited marine fish predator. R. Soc. open sci.3: 160416. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.160416>.
- Daufresne M., Lengfellner K., Sommer U. 2009. Global warming benefits the small in aquatic ecosystems, 12788–12793 // PNAS. 2009. V. 106. № 31. P. 21–58. doi: 10.1073/pnas.0902080106.
- Feistel R., Seifert T., Feistel S., Nausch G., Bogdanska B., Hansen L., Broman B., Holfort J., Mohrholz V., Schmager G., Hagen E., Perlet I., Wasmund N. 2008. Digital supplement. In: State and evolution of the Baltic Sea, 1952–2005. Ed. by R. Feistel, G. Nausch and N. Wasmund. Hoboken: Wiley-Interscience. P. 625–667.
- Hansson M., Viktorsson L. 2020. Oxygen Survey in the Baltic Sea 2020. Extent of Anoxia and Hypoxia, 1960–2020. SMHI. Report Oceanography. No. 70. 88 p.
- MacKenzie B.R., Hinrichsen H.H., Plikshs M., Wieland K., Zezera A.S. 2000. Quantifying environmental heterogeneity: habitat size necessary for successful development of cod *Gadus morhua* eggs in the Baltic Sea // Mar. Ecol. Prog. Ser. — Vol. 193. — P. 143–156. <https://doi.org/10.3354/meps193143>.
- MacKenzie B.R., Koster F.W. 2004. Fish production and climate: sprat in the Baltic Sea // Ecology. V. 85. P. 784–794. doi: 10.1890/02-0780.
- Matthäus W., Nehring D., Feistel R., Nausch G., Mohrholz V., Lass H. 2008. The inflow of highly saline water into the Baltic Sea. In: State and evolution of the Baltic Sea, 1952–2005. Ed. by R. Feistel, G. Nausch and N. Wasmund. Hoboken: Wiley-Interscience. P. 265–309.
- Mohrholz V., Naumann M., Nausch G., Krüger S., Gräwe U. 2015. Fresh oxygen for the Baltic Sea — An exceptional saline inflow after a decade of stagnation. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2015.03.005>.
- Möllmann C., Köster F. 2002. Population dynamics of calanoid copepods and the implications of their predation by clupeid fish in the Central Baltic Sea. J Plankton Res. No 24. P. 959–977. doi: 10.1093/plankt/24.10.959.
- Nissling A. 2004. Effects of temperature on egg and larval survival of cod (*Gadus morhua*) and sprat (*Sprattus sprattus*) in the Baltic Sea: implications for stock development. Hydrobiologia. No 514. P. 115–123. doi: 10.1023/B:hydr.0000018212.88053.aa
- Renz J., Hirche H. 2006. Life cycle of *Pseudocalanus acuspes* Giesbrecht (Copepoda, Calanoida) in the Central Baltic Sea: seasonal and spatial distribution. Mar Biol. No 148. P. 567–580. doi: 10.1007/s00227–005–0103–5.

- Report of the Baltic Fisheries Assessment Working Group (WGBFAS)*. 2021 a. ICES Scientific Reports. 2:45. 717 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.8187>
- Report of the ICES Advisory Committee*. 2021. spr.27.22–32. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7867>.
- Report of the Inter-Benchmark Process on Baltic Sprat (Sprattus sprattus) and Herring (Clupea harengus) (IBPBash)*. 2020. ICES Scientific Reports. 2:34. 44 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5971>
- Report of the Working Group on Baltic International Fish Survey (WGBIFS)*. 2021 b. ICES Scientific Reports. 1:37. 490 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.8248>
- Rodionov S.N. 2004. A sequential algorithm for testing climate regime shifts// Geophysical Research Letters. Vol. 31. 5 pp. doi:10.1029/2004GL019448.
- REFERENCES**
- Amosova V.M., Vasil'eva T.G., Zezeka A.S. 2018. Prospects of development of domestic sprat fishery in the Baltic Sea 2025 // Trudy VNIRO. Vol. 171. P. 39–55. doi: 10.36038/2307–3497–2018–171–39–55. (In Russ.).
- Amosova V.M., Zezeka A.S., Vasil'eva T.G. 2020. Analysis of the modern Russian sprat fishing in the Baltic Sea // Trudy VNIRO. Vol. 182. P. 64–73. (In Russ.). doi: 10.36038/2307–3497–2020–182–64–73
- Amosova V.M., Zezeka A.S., Karpushevskaya A.I., Karpushevskiy I.V., Patokina F.A., Dmitrieva M.A., Vinokur M.L., Shumilova K. Yu. 2017. Biological and hydrological components describing the long-term changes and the current state of cod Gadus morhua callarias in the Baltic Sea (Gdansk basin, subdivision ICES 26) // Problems of fisheries. Vol. 18. № 1. P. 42–51. (In Russ.).
- Amosova V.M., Zezeka A.S., Karpushevskaya A.I., Karpushevskiy I.V. 2019. On the minimum commercial cod size Gadus morhua callarias in the Baltic Sea // Problems of fisheries. Vol. 20. № 1. P. 73–82. (In Russ.).
- Zezeka A.S. 2009. Long-term Changes of the Abiotic Conditions in the Baltic Sea (1975–2007) // Fisheries and Biological Research by AtlantNIRO in 2006–2007. Vol. 1. The Baltic Sea and Lagoons. Kaliningrad. P. 6–17. (In Russ.).
- Zezeka A.S., Amosova V.M., Patokina F.A., Karpushevskiy I.V., Vasilyeva T.G., Kalinina N.A. 2014. Results of integrated analysis of changes in abiotic conditions and stocks values of main commercial fish species in the Baltic Sea (south-eastern part, the Gdansk Basin, ICES subdivision 26) // Fisheries and Biological Research by AtlantNIRO in 2010–2013. Vol.1. The Baltic Sea and Lagoons. Kaliningrad. Trudy AtlantNIRO. P. 6–19. (In Russ.).
- Zezeka A.S., Ivanovich V.M. 2011. Changes in climate, abiotic conditions and stocks of the main commercial fish species in the Southeast Baltic in recent decades // Proceedings of XV conference on fishing oceanology, dedicated to the 150th anniversary of the birth of Academician N.M. Knipovich. Kaliningrad: Izd. AtlantNIRO. P. 123–126. (In Russ.).
- Zezeka A.S., Ivanovich V.M., Patokina F.A., Karpushevskiy I.V., Vasilyeva T.G. 2012. Changes in the ecosystem of the Baltic Sea (South-Eastern part, Gdansk basin, 26 SD ICES) in recent decades // Tez. report XI All-Russian. conf. by prob. of fishery forecasting, dedicated to the 150th anniversary of Academician N.M. Knipovich May 22–24, 2012 Murmansk: Izd. PINRO. P. 28–31.
- Karpushevskiy I.V., Zezeka A.S., Ivanovich V.M. 2013. Adaptive features of populations pelagic and demersal fish in the spatial and temporal dynamics salinity waters factor of the Baltic Sea // Proceedings of the Zoological Institute RAN. Supplement № 3. SPb. P. 128–135. (In Russ.).
- Kolomeyko F.V., Vasilyev A.G. 2019. Program-information support of water biological resources research in the Atlantic Ocean // Trudy VNIRO. Vol. 174. P. 81–90. (In Russ.). <https://doi.org/10.36038/2307–3497–2018–174–81–90>
- Podgorniy K.A. 2017. Requirements and approaches for developing biological indicators and performing an integrated analysis of aquatic ecosystems state: an overview// Trudy AtlantNIRO. New series. Vol. 1, № 4. Kaliningrad: AtlantNIRO. P. 5–45.
- Trufanova I.S., Amosova V.M. 2021. Long-term forecast of Russian herring catch in the Baltic Sea // Trudy VNIRO. Vol. 186. № 4. P. 78–90. <https://doi.org/10.36038/2307–3497–2021–186–78–90>.
- Alheit J., Mollmann C., Dutz J., Kornilovs G., Loewe P., Mohrholz V., Wasmund, N. 2005. Synchronous regime shifts in the central Baltic and the North Sea in the late 1980s. ICES Journal of Marine Science. No 62. P. 1205–1215. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2005.04.024>.
- Amosova V.M., Zezeka A.S., Karpushevskaya A.I., Karpushevskiy I.V., Patokina F.A., Dmitrieva M.A. 2016. Integrated analysis of several biological/hydrological components and cod stomach data in the Gdansk Basin of the Baltic Sea // ICES ASC Handbook, Annual Science Conference (ASC), Riga, Latvia. ICES CM 2016/F:665. P. 32. <https://www.ices.dk/sites/pub/ASCExtended2016/SitePages/Home.aspx>.
- Casini M., Bartolino V., Molinero JC, Kornilovs G. 2010. Linking fisheries, trophic interactions and climate: threshold dynamics drive herring Clupea harengus growth in the Central Baltic Sea. Mar. Ecol. Prog. Ser. 413, 241–252. doi:10.3354/meps08592
- Casini M., Cardinale M., Hjelm J. 2006. Inter-annual variation in herring (Clupea harengus) and sprat (Sprattus sprattus) condition in the central Baltic Sea: What gives the tune? Oikos. No 112. P. 638–650. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2006.13860>.
- Casini M., Käll F., Hansson M., Plikshs M., Baranova T., Karlsson O., Lundström K., Neuenfeldt S., Gårdmark A., Hjelm J. 2016. Hypoxic areas, density-dependence and food limitation drive the body condition of a heavily exploited marine fish predator. R. Soc. open sci.3: 160416. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.160416>.
- Daufresne M., Lengfellner K., Sommer U. 2009. Global warming benefits the small in aquatic ecosystems, 12788–12793 // PNAS. 2009. V. 106. № 31. P. 21–58. doi: 10.1073/pnas.0902080106.
- Feistel R., Seifert T., Feistel S., Nausch G., Bogdanska B., Hansen L., Broman B., Holfort J., Mohrholz V., Schmager G., Hagen E., Perlet I., Wasmund N. 2008. Digital supplement. In: State and evolution of the Baltic Sea, 1952–2005. Ed. by R. Feistel, G. Nausch and N. Wasmund. Hoboken: Wiley-Interscience. P. 625–667.

- Hansson M., Viktorsson L. 2020. Oxygen Survey in the Baltic Sea 2020. Extent of Anoxia and Hypoxia, 1960–2020. SMHI. Report Oceanography. No. 70. 88 p.
- MacKenzie B.R., Hinrichsen H.H., Plikshs M., Wieland K., Zezera A.S. 2000. Quantifying environmental heterogeneity: habitat size necessary for successful development of cod *Gadus morhua* eggs in the Baltic Sea // Mar. Ecol. Prog. Ser. — Vol. 193. — P. 143–156. . <https://doi.org/10.3354/meps193143>.
- MacKenzie B.R., Koster F.W. 2004. Fish production and climate: sprat in the Baltic Sea // Ecology. V. 85. P. 784–794. doi: 10.1890/02–0780.
- Matthäus W., Nehring D., Feistel R., Nausch G., Mohrholz V., Lass H. 2008. The inflow of highly saline water into the Baltic Sea. In: State and evolution of the Baltic Sea, 1952–2005. Ed. by R. Feistel, G. Nausch and N. Wasmund. Hoboken: Wiley-Interscience. P. 265–309.
- Mohrholz V., Naumann M., Nausch G., Krüger S., Gräwe U. 2015. Fresh oxygen for the Baltic Sea — An exceptional saline inflow after a decade of stagnation. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2015.03.005>.
- Möllmann C., Köster F. 2002. Population dynamics of calanoid copepods and the implications of their predation by clupeid fish in the Central Baltic Sea. J Plankton Res. No 24. P. 959–977. doi: 10.1093/plankt/24.10.959.
- Nissling A. 2004. Effects of temperature on egg and larval survival of cod (*Gadus morhua*) and sprat (*Sprattus sprattus*) in the Baltic Sea: implications for stock development. Hydrobiologia. No 514. P. 115–123. doi: 10.1023/B:hydr.0000018212.88053.aa
- Renz J., Hirche H. 2006. Life cycle of *Pseudocalanus acuspes* Giesbrecht (Copepoda, Calanoida) in the Central Baltic Sea: seasonal and spatial distribution. Mar Biol. No 148. P. 567–580. doi: 10.1007/s00227–005–0103–5.
- Report of the Baltic Fisheries Assessment Working Group (WGBFAS). 2021 a. ICES Scientific Reports. 2:45. 717 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.8187>
- Report of the ICES Advisory Committee. 2021. spr.27.22–32. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.7867>.
- Report of the Inter-Benchmark Process on Baltic Sprat (*Sprattus sprattus*) and Herring (*Clupea harengus*) (IBPBash). 2020. ICES Scientific Reports. 2:34. 44 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5971>
- Report of the Working Group on Baltic International Fish Survey (WGBIFS). 2021 b. ICES Scientific Reports. 1:37. 490 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.8248>
- Rodionov S.N. 2004. A sequential algorithm for testing climate regime shifts // Geophysical Research Letters. Vol. 31. 5 pp. doi:10.1029/2004GL019448.

Поступила в редакцию 28.03.2022 г.
Принята после рецензии 15.04.2022 г.



Аквакультура

Оценка эффекта применения комбикормов с различным уровнем белка для молоди австралийского красноклешневого рака в условиях УЗВ

Р.Р. Борисов, Н.П. Ковачева, Р.В. Артемов, И.Н. Никонова, М.В. Арнаутов, А.В. Артемов, В.В. Гершунская

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

Цель работы: исследовать влияние комбикормов с различным уровнем белка на рост молоди красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus*.

Используемые методы: для решения поставленной задачи в аквариальной одеде аквакультуры беспозвоночных ВНИРО выполнено два эксперимента: первый – на молоди массой $0,017 \pm 0,004$ г, длиной $0,87 \pm 0,08$ мм, второй – на молоди массой $0,31 \pm 0,14$ г, длиной $23,7 \pm 3,9$ мм. Продолжительность экспериментов составила 30 и 40 сут., соответственно. Кормление молоди осуществляли тремя вариантами рецептов комбикормов с расчётной долей белка 25%, 35% и 45%. Основную часть в рецептурах составили компоненты растительного происхождения. В качестве контроля использовали корм для рыб и ракообразных Tetra Wafer Mix (Германия) с долей белка в корме 45%.

Новизна: разработка рецептуры кормов для выращивания молоди австралийского красноклешневого рака в установках замкнутого водоиспользования.

Результат: проведённые эксперименты показали, что скорость роста молоди австралийского красноклешневого рака находится в прямой зависимости от доли белка в корме. Установлено, что относительное содержание протеина в мышцах раков зависит от его содержания в комбикормах. Анализ собственных и литературных данных свидетельствует о том, что корма с содержанием белка ниже 35% не могут быть рекомендованы для выращивания молоди австралийского красноклешневого рака. Оптимальными для роста молоди являются корма с содержанием белка 45%. Установлено, что эффективность комбикормов зависит не только от содержания белка и энергетической ценности, но и от их вкусовой привлекательности.

Практическая значимость: полученные результаты будут использованы при разработке комбикормов для молоди австралийского красноклешневого рака.

Ключевые слова: аквакультура, австралийский красноклешневый рак *Cherax quadricarinatus*, комбикорма, белок.

Efficiency assessment of the use of compound feeds with protein different levels for juveniles Australian red claw crayfish in RAS conditions

Rostislav R. Borisov, Nikolina P. Kovatcheva, Roman V. Artemov, Irina N. Nikonova, Maksim V. Arnautov, Andrey V. Artemov, Valeria V. Gershunskaya

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

The aim of the work is to investigate the effect of compound feeds with different levels of protein on the growth of juveniles of the Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*.

Used methods: To solve this problem, two experiments were carried out in the aquariums of aquaculture invertebrate department at VNIRO: the first was on juveniles weighing 0.017 ± 0.004 g and 0.87 ± 0.08 mm long; the second one was on juveniles weighing 0.31 ± 0.14 g and 23.7 ± 3.9 mm long. The duration of the experiments was 30 and 40 days, respectively. Feeding of juveniles was carried out with three variants of compound feed recipes with an estimated protein content of 25%, 35% and 45%. The main part of the formulations consisted of components of plant origin. Tetra Wafer Mix food for fish and crustaceans (Germany) with a protein content of 45% was used as a control. The duration of the experiments was 30 and 40 days, respectively. Feeding of juveniles was carried out with three variants of compound feed recipes with an estimated protein content of 25%, 35% and 45%. The main part of the formulations consisted of components of plant origin. Tetra Wafer Mix food for fish and crustaceans (Germany) with a protein content of 45% was used as a control.

Newness: Development of a feed formulation for rearing juveniles of the Australian red claw crayfish in recirculating aquaculture systems (RAS).

Results: These experiments showed that the growth rate of juvenile Australian red claw crayfish is directly dependent on the proportion of protein in the feed. It was established that the relative content of protein in the muscles of crayfish depends on its content in compound feed. An analysis of our own and published data

indicates that feeds with protein content below 35% cannot be recommended for growing of juveniles' Australian red claw crayfish. Feeds with a protein content of 45% are optimal for the growth of juveniles. It was established that the effectiveness of compound feeds depends not only on the protein content and energy value, but also on their taste attractiveness.

Practical significance: The obtained results will be used in the development of mixed feed for juveniles Australian red claw crayfish.

Keywords: aquaculture, Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus*, compound feeds, protein.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из новых и перспективных объектов культивирования южных регионов Российской Федерации является австралийский красноклешневый рак *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) [Хорошко, Крючков, 2010; Шокашева, 2018]. В последние годы количество хозяйств возрастает. При этом рецепты и промышленное производство комбикормов для этого вида в Российской Федерации отсутствуют. Австралийский красноклешневый рак всеяден, что даёт возможность включать в состав кормов для аквакультуры широкий спектр ингредиентов животного и растительного происхождения [D'Abramo, Robinson, 1989; Jones, 1990]. Из-за короткого тёплого сезона (до 4 месяцев) полный цикл выращивания красноклешневого рака (около 6 месяцев) в прудах юга России невозможен, поэтому при его культивировании необходимо использовать подрощенную молодь для вселения в пруды. Получение и подращивание молоди осуществляется в искусственных условиях с использованием установок замкнутого водоиспользования (УЗВ) [Хорошко, Крючков, 2010]. Подрощенная молодь в дальнейшем выпускается в пруды для выращивания в течение тёплого летнего периода. Для получения качественной жизнестойкой молоди особую актуальность приобретает разработка специализированных комбикормов в системах УЗВ.

Содержание белка в комбикормах является одним из наиболее важных показателей. Большое количество белка необходимо для быстрого роста гидробионтов, особенно на ранних стадиях жизненного цикла. Рыбная мука, которая в большинстве кормовых рецептур выступает в качестве основного источника белка, является наиболее дорогим ингредиентом. В этой связи поиск баланса между скоростью роста и стоимостью корма становится одной из важнейших задач повышения рентабельности культивирования [Saoud et al., 2012]. Снижение затрат на производство кормов может быть достигнуто как за счёт уменьшения доли белка, так и путём замены рыбной муки на более дешёвые источники белка растительного происхождения. При этом оба эти подхода могут приводить к снижению скорости роста.

В процессе развития аквакультуры австралийского красноклешневого рака выполнены многочислен-

ные исследования эффективного состава искусственных кормов, включая содержание белка для взрослых особей [Thompson et al., 2004, 2006] и для молоди [Webster et al., 1994; Keefe, Rouse, 1999; Hernandez et al., 2001; Cortes-Jacinto et al., 2003; Gutierrez, Rodriguez, 2010]. Проведённые исследования продемонстрировали, что, как и у других видов ракообразных, молодь австралийского красноклешневого рака является более требовательной к содержанию белка в корме, чем взрослые особи. Так же было установлено, что в установках замкнутого водоиспользования к качеству кормов должны предъявляться повышенные требования, поскольку в этом случае животные не имеют возможности пополнить свой рацион за счёт использования естественной кормовой базы. Например, корма с содержанием протеина 25% и более подходят для выращивания австралийского красноклешневого рака в прудах с естественной кормовой базой, а рецепты с белком 35% и более рекомендуются для его выращивания в УЗВ [Thompson et al., 2006]. В ряде исследований изучалась возможность замены рыбной муки различными растительными источниками белка и липидов и было показано, что для австралийского красноклешневого рака подходят диеты, содержащие недорогие растительные ингредиенты без ущерба для выживания и роста [Saoud et al., 2012]. Имеются данные, что замена до 50% белка рыбной муки соевой в рационе даёт лучший рост при минимальных затратах [Gutierrez, Rodríguez, 2010]. Для культивирования австралийского красноклешневого рака рекомендуются тонущие гранулы, содержащие 30–45% сырого белка, 5–8% липидов, 20–40% углеводов, 1–2% хитина с добавкой витаминов, каротиноидов и минеральных веществ [Saoud et al., 2012].

Несмотря на проведённые исследования, вопрос определения оптимального содержания белка и возможности частичной или полной замены рыбной муки в кормах для ранней молоди австралийского красноклешневого рака на другие компоненты остаётся не до конца решённым. Это связано с тем, что состав рецептуры кормов может влиять на эффективность их потребления и стать причиной снижения скорости роста, что особенно критично на ранних стадиях раз-

вития. В этой связи создание новых рецептур требует дополнительной проверки и проведения испытаний.

Цель работы — исследовать влияние комбикормов с различным уровнем белка на рыбоводно-биологические показатели молоди австралийского красноклещевого рака в первые два месяца культивирования в условиях УЗВ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

На основании анализа и обобщения литературных данных по пищевым потребностям, питательной ценности и использованию компонентов различного происхождения в составе комбикормов для австралийского красноклещевого рака было разработано три варианта рецептов (табл. 1), расчётная доля белка в которых составляла 25 % (КРАК 25), 35 % (КРАК 35) и 45 % (КРАК 45). В рецептуры включали компоненты животного и растительного происхождения. Источниками белка служили рыбная мука, кровяная мука, гаммарус, соевый шрот, кукурузный глютен, пивные дрожжи. В качестве контроля использовали корм для донных рыб и ракообразных Tetra Wafer Mix производства фирмы Tetra (Германия) (далее — Wafer). Данный корм хорошо зарекомендовал себя ранее при проведении экспериментов как с австралийским красноклещевым раком [Жигин и др., 2017], так и другими видами ракообразных [Борисов и др., 2021]. В состав

корма Wafer входят экстракты растительного белка, рыба и отходы рыбопереработки, зерновые культуры, растительные продукты, моллюски и ракообразные, дрожжи, водоросли, масла и жиры, витамины и микроэлементы.

Опытные образцы кормов были изготовлены в цехе по производству рыбных гранулированных комбикормов Филиала по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»). Анализ состава комбикормов проводили в соответствии со стандартными методами.

Содержание сырого протеина в опытных образцах увеличивалось от рецепта КРАК 25 к КРАК 45, при одинаковом уровне жира, золы и влаги (табл. 2). Корм Wafer по химическому составу незначительно отличался от опытного образца (КРАК 45), за исключением большего содержания белка и меньшего количества клетчатки.

Опытные комбикорма содержали полный набор заменимых и незаменимых аминокислот, количество которых линейно увеличивалось с повышением уровня белка в комбикорме (табл. 3). Комбикорм КРАК 45 по сумме аминокислот не отличался от выступавшего в качестве контроля комбикорма Wafer.

В табл. 4 приведены данные по жирнокислотному составу липидов комбикормов для молоди австралийского красноклещевого рака. Рост суммы эйкозо-

Таблица 1. Состав экспериментальных комбикормов
Table 1. The composition of the experimental compound feeds

Шифр рецепта			
КРАК 25	КРАК 35	КРАК 45	Wafer
Мука рыбная, мука кровяная, пшеница, шрот соевый, глютен кукурузный, крапива гранулированная, гаммарус сухой, дрожжи пивные, чеснок сухой, морковь сухая, жир рыбий, карбоксиметилцеллюлоза, витаминно-минеральный премикс, астаксантин		Рыба, побочные рыбные продукты, экстракты растительного белка, зерновые культуры, растительные продукты, артемия, дрожжи, спирулина, минеральные вещества, масла, жиры, витамины, премикс, антиоксиданты	

Таблица 2. Химический состав комбикормов для молоди австралийского красноклещевого рака
Table 2. Chemical composition of compound feeds for juveniles Australian red claw crayfish

Шифр комбикорма	Содержание, %						Валовая энергия, МДж/кг
	сырой протеин	сырой жир	БЭВ	сырая зола	клетчатка	влага	
КРАК 25	25,84±0,22	5,77±0,03	49,54±0,45	6,99±0,02	7,79±0,30	3,98±0,19	17,1
КРАК 35	35,34±0,15	5,95±0,26	42,09±0,28	6,60±0,02	6,22±0,20	3,61±0,30	18,0
КРАК 45	47,66±0,19	5,65±0,25	34,99±0,20	6,08±0,04	3,95±0,20	3,34±0,36	19,4
Wafer	49,78±0,23	5,53±0,22	29,00±0,13	7,61±0,03	2,43±0,09	5,88±0,22	19,1

Таблица 3. Аминокислотный состав белков комбикормов для молоди австралийского красноклещевого рака
Table 3. Amino acid composition of compound feeds proteins for juveniles Australian red claw crayfish

Наименование аминокислоты	Содержание г/ 100 г продукта			
	КРАК 25	КРАК 35	КРАК 45	Wafer
Лизин	0,91	1,32	2,19	3,11
Изолейцин	1,00	1,28	2,06	1,92
Лейцин	1,96	2,83	4,45	3,60
Треонин	0,97	1,25	1,95	1,84
Валин	1,26	1,53	2,22	2,02
Гистидин	0,58	0,82	1,19	1,12
Аргинин	1,07	1,53	2,78	2,65
Фенилаланин	0,74	1,19	1,85	2,34
Метионин+Цистин	0,99	1,07	1,44	1,49
Сумма незаменимых аминокислот	9,48	12,82	20,13	20,09
Сумма заменимых аминокислот	10,73	15,04	23,92	22,23

Таблица 4. Жирнокислотный состав липидов комбикормов для молоди австралийского красноклещевого рака
Table 4. Fatty acid composition of lipids in compound feed for juveniles Australian red claw crayfish

Наименование кислоты	Содержание в% от суммы жирных кислот			
	КРАК 25	КРАК 35	КРАК 45	Wafer
Сумма НЖК	21,70	19,61	17,97	18,09
Сумма МНЖК	46,26	49,12	48,94	36,82
Сумма ПНЖК	29,76	31,27	33,09	45,09
Сумма омега-3	9,76	10,87	12,58	13,28
Сумма омега-6	19,46	20,23	20,36	31,71
Сумма ЭПК+ДГК	3,68	5,18	6,44	5,21

пентаеновой (ЭПК) и докозагексаеновой (ДГК) кислот связан с увеличением процентного содержания рыбной муки и жира в рецептах. В контроле отмечено высокое содержание омега-6 жирных кислот, что вызвано использованием в составе корма растительных масел.

Биологические испытания проведены в аквариальной отделе аквакультуры беспозвоночных ФГБНУ «ВНИРО». Объектом исследования выступала молодь австралийского красноклещевого рака двух размерно-возрастных групп. Выполнено два эксперимента.

В эксперименте № 1 использовали раннюю молодь сразу после того, как она покинула самку (3 стадия развития). Средняя масса особей на момент начала эксперимента составила $0,017 \pm 0,004$ г, длина $0,87 \pm 0,08$ мм. Эксперимент проводился в прозрачных ёмкостях объёмом 5,6 л с площадью дна $0,043$ м². В ёмкостях находились убежища норного

типа и структурирующие объём субстраты (рис. 1 А). Плотность посадки раков составила 10 экз./ёмкость или 233 экз./м². Для каждого варианта корма выполнено три повторности. Продолжительность эксперимента составила 30 сут.

Эксперимент № 2 выполнен на подрощенной молоди возрастом 30 сут. после схода с самки. Средняя масса особей на момент начала эксперимента составила $0,31 \pm 0,14$ г, длина $23,7 \pm 3,9$ мм. Эксперимент проводился в прозрачных ёмкостях объёмом 200 л с площадью дна $0,45$ м², в ёмкостях находились убежища норного типа и структурирующие объём субстраты (рис. 1 Б). Плотность посадки раков составила 20 экз./ёмкость или 44 экз./м². Для каждого варианта корма выполнено две повторности. Продолжительность эксперимента составила 40 сут.

Кормление проводили два раза в сутки. Суточная норма вносимого корма составила для эксперимента № 1 – 30% от массы тела особей, а для эксперимен-

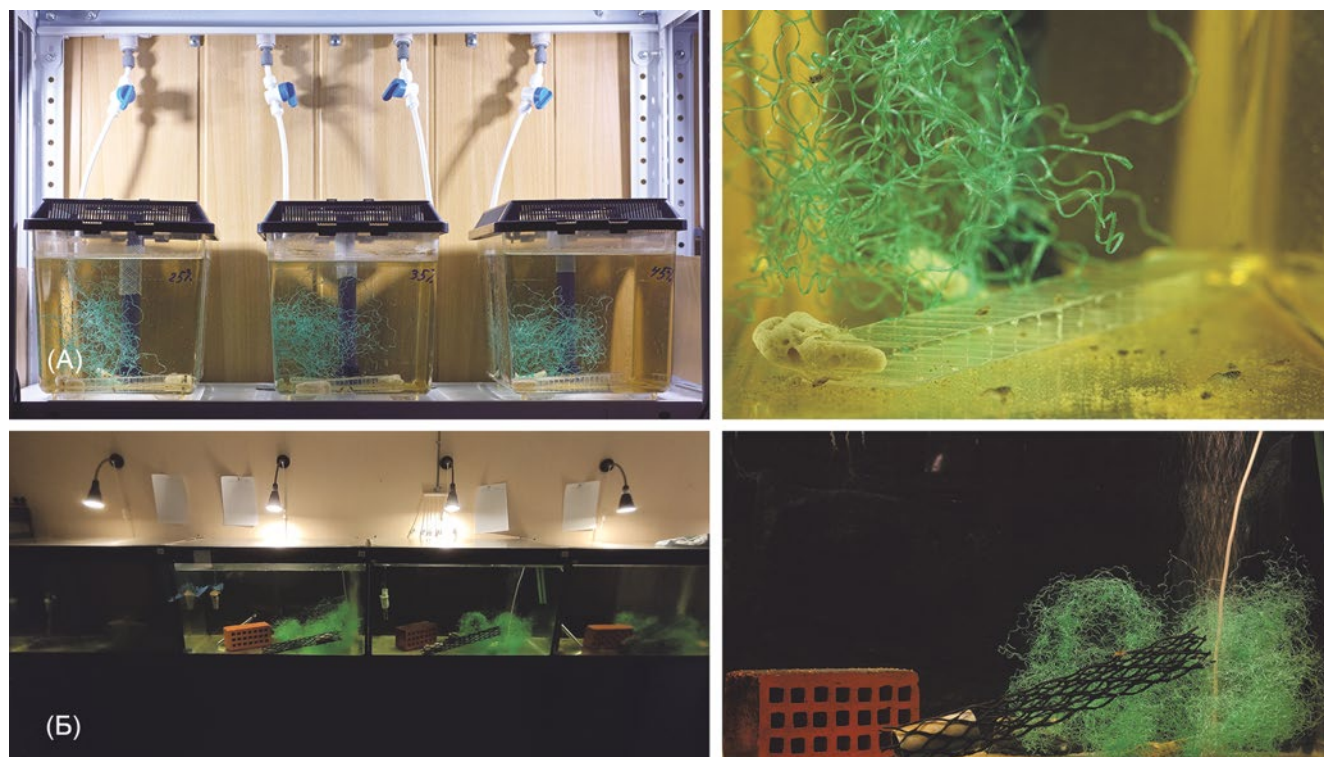


Рис. 1. Общий вид экспериментальных ёмкостей в экспериментах № 1 (А) и № 2 (Б)

Fig. 1. General view of experimental containers in experiments No. 1 (A) and No. 2 (B)

та № 2–15 %. В дальнейшем эти показатели корректировали в зависимости от интенсивности потребления раками кормов, при этом повышение суточной нормы внесения кормов проводилось одинаково для всех вариантов кормления. Диаметр кормовых гранул в эксперименте № 1 составил <1 мм, а в эксперименте № 2 1–2 мм. Воду термостатировали на уровне 27–28 °С. Средняя температура составила 27,3 °С. Ежедневно учитывали погибших особей. При необходимости осуществляли чистку ёмкостей от несъеденных остатков кормов. Раз в неделю контролировали гидрохимические показатели (рН, NH_4^+ , NO_2^- , и NO_3^-).

По окончании экспериментов определяли выживаемость, длину тела (от конца рострума до конца тельсона) и массу особей. Рассчитан средний прирост биомассы раков в пересчёте на ёмкость. В эксперименте № 2 определён химический состав мышечной ткани раков.

Статистическую обработку результатов выполняли в программе Statistica 6.0. Для расчёта достоверности различий выборок использовали t-критерий Стьюдента. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Рост молоди раков на разных типах комбикормов в эксперименте № 1 и эксперименте № 2 (табл. 4) в

целом имел схожую динамику. Скорость роста в обоих экспериментах напрямую зависела от доли белка в опытных кормах (рис. 2 А, Б и 3 А, Б). Наилучшие показатели роста особей и наименьшие кормовые затраты отмечены в варианте с наиболее высоким содержанием белка (КРАК 45). Статистически значимо отличалась длина особей между вариантами КРАК 25 и КРАК 45 ($p < 0,008$), а также КРАК 25 и КРАК 35 ($p < 0,017$). Однако различия по массе не были статистически значимы. Молодь, кормление которой осуществляли комбикормом Wafer, в обоих экспериментах продемонстрировала лучшие, чем при использовании опытных кормов, показатели скорости роста (табл. 3). Так, при кормлении Wafer в эксперименте № 1 (рис. 2 А, Б) раки оказались более чем в два раза крупнее по массе тела, чем во всех прочих вариантах ($p < 0,004$). Сходная картина наблюдалась и в эксперименте № 2 (рис. 3 А, Б), где особи из контрольной группы оказались статистически значимо крупнее, чем во всех прочих вариантах ($p < 0,002$). Затраты корма на прирост биомассы в контрольной группе были минимальными в обоих экспериментах (табл. 5).

В первом варианте эксперимента выживаемость при кормлении опытными кормами была выше в варианте с минимальной (25 %) долей белка в корме (рис. 2 В). В эксперименте № 2 выживаемость была максимальной в варианте с долей белка в корме

Таблица 5. Результаты выращивания молоди австралийского красноклешневого рака в экспериментах № 1 и 2
Table 5. Results of rearing of juveniles Australian red claw crayfish in experiments No. 1 and 2

Комбикорма	Выживаемость, %	Масса средняя начальная, г	Масса средняя конечная, г	Прирост биомассы на ёмкость, г	Кормовые затраты
Эксперимент № 1					
КРАК 25	60	0,017±0,006	0,11±0,05	0,53	3,7
КРАК 35	43,3		0,15±0,05	0,62	3,2
КРАК 45	56,7		0,16±0,11	0,90	2,2
Wafer	53,3		0,31±0,05	1,63	1,2
Эксперимент № 2					
КРАК 25	77,5	0,33±0,06	0,81±0,30	6,06	6,9
КРАК 35	77,5	0,32±0,07	1,39±0,20	10,51	4,0
КРАК 45	85	0,32±0,07	1,58±0,35	13,42	3,1
Wafer	90	0,31±0,06	2,64±0,84	23,72	1,8

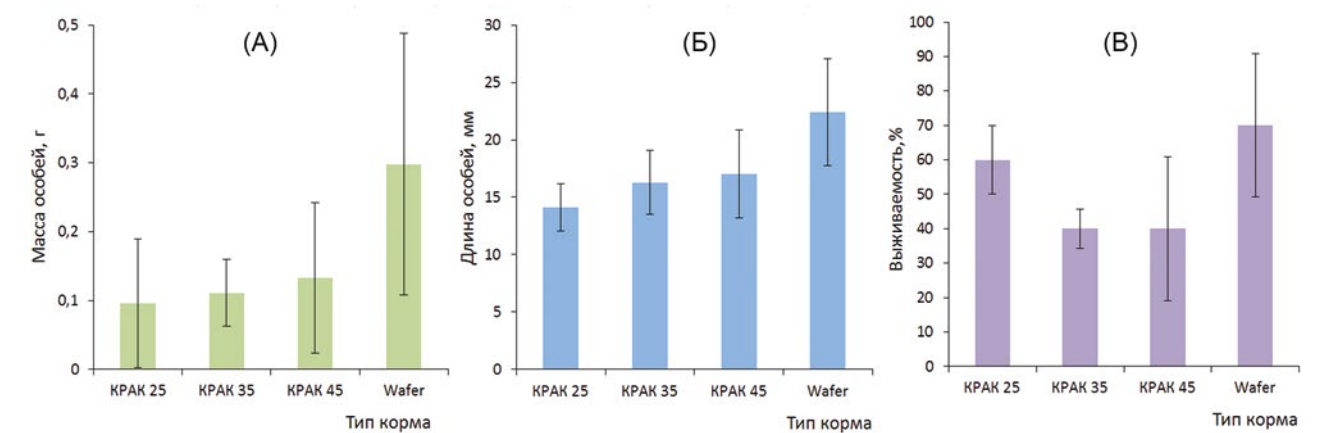


Рис. 2. Масса (А), длина (Б) и выживаемость (В) ранней молоди австралийского красноклешневого рака на момент окончания эксперимента № 1

Fig. 2. Weight (A), length (B) and survival (C) of early juveniles Australian red claw crayfish at the end of experiment No. 1

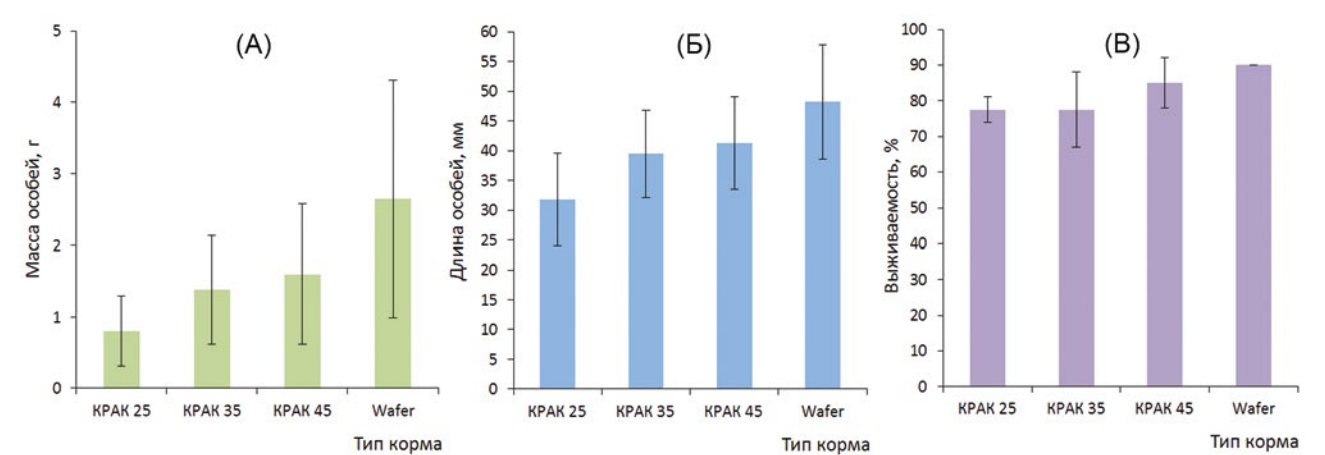


Рис. 3. Масса (А), длина (Б) и выживаемость (В) подращенной молоди австралийского красноклешневого рака на момент окончания эксперимента № 2

Fig. 3. Weight (A), length (B) and survival rate (C) of reared juveniles Australian red claw crayfish at the end of experiment No. 2

45 % (рис. 3 В). Наилучшие показатели выживаемости в обоих экспериментах отмечены в контроле при кормлении молоди раков комбикормом Wafer.

В ходе эксперимента № 2 отмечено неполное потребление экспериментальных кормов.

В образцах мышечной ткани раков из эксперимента № 2 наблюдалось повышение уровня белка от КРАК 25 к КРАК 45 (табл. 6). Максимальные значения содержания протеина в мышцах рака были в образце из контрольной группы. Наиболее значительное обводнение мышечной ткани у особей рака отмечено при питании кормом с минимальным содержанием белка. Так же по сравнению с контрольным при питании экспериментальными кормами возросло содержание липидов от 0,16 % для корма с наименьшим содержанием белка до 0,20 % на корме, содержащем 45 % белка.

Анализ аминокислотного состава (табл. 7) показал, что все образцы мышечной ткани раков содержали

полный набор заменимых и незаменимых аминокислот. Раки, выращенные на комбикорме с содержанием белка 35 % и 45 %, не различались значительно между собой и контролем как по сумме аминокислот, так и по сумме незаменимых аминокислот, что может свидетельствовать о сбалансированном аминокислотном профиле белка комбикормов, который полноценно используется в качестве высокоэффективного строительного материала мышечной ткани.

ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе данных по росту на экспериментальных кормах чётко прослеживается тенденция — чем ниже уровень белка, тем медленнее рост. Данные по химическому составу мышц указывают на зависимость содержания протеина в мышцах рака от его содержания в комбикормах. При этом низкие показатели роста при кормлении кормом КРАК 25 в обоих экспериментах свидетельствует о том, что 25 % белка

Таблица 6. Химический состав мышечной ткани молоди австралийского красноклешневого рака

Table 6. Chemical composition of muscle tissue of juveniles Australian red claw crayfish

Шифр комбикорма	Содержание, %			
	белок	жир	влага	зола
КРАК 25	14,63±0,20	0,16±0,02	84,10±0,80	1,11±0,09
КРАК 35	16,12±0,15	0,18±0,04	82,39±0,63	1,24±0,02
КРАК 45	16,26±0,13	0,20±0,06	82,37±0,47	1,17±0,03
Wafer	17,72±0,18	0,12±0,03	81,05±0,31	1,11±0,05

Таблица 7. Аминокислотный состав белков мышечной ткани молоди австралийского красноклешневого рака

Table 7. Amino acid composition of muscle tissue proteins in juveniles Australian red claw crayfish

Наименование аминокислоты	Содержание, г /100 г мышечной ткани			
	КРАК 25	КРАК 35	КРАК 45	Wafer
Лизин	1,23	1,34	1,36	1,34
Изолейцин	0,67	0,72	0,73	0,72
Лейцин	1,17	1,26	1,26	1,25
Треонин	0,63	0,68	0,67	0,65
Валин	0,66	0,72	0,72	0,72
Гистидин	0,34	0,38	0,36	0,37
Аргинин	1,32	1,46	1,5	1,75
Фенилаланин	0,61	0,69	0,68	0,68
Метионин	0,32	0,35	0,36	0,37
Триптофан	Не определяли			
Сумма незаменимых аминокислот	6,95	7,60	7,64	7,85
Сумма заменимых аминокислот	7,86	8,43	8,42	8,32
Сумма аминокислот	14,81	16,03	16,06	16,17

в корме недостаточно для обеспечения нормально-го роста молоди австралийского красноклешневого рака. Аминокислотный состав мышечной ткани раков в варианте КРАК 25 также указывает на недостаток белка в комбикорме. Полученные данные согласуются с литературными — для молоди рекомендуются корма с долей белка не менее 30% [Webster et al., 1994; Keefe, Rouse, 1999; Hernandez et al., 2001; Cortes-Jacinto et al., 2003; Gutierrez, Rodriguez, 2010]. В обоих экспериментах разница в росте особей, получавших корма с 35% и 45% белка, была не такой значительной как между КРАК 25 и КРАК 35. Химический состав мышечной ткани раков при кормлении КРАК 35 и КРАК 45 различался незначительно. Таким образом, можно заключить, что корма с содержанием белка ниже 35% не могут быть рекомендованы для выращивания молоди австралийского красноклешневого рака, а повышение доли белка в кормах до 45% будет способствовать ускорению роста молоди.

Гибель особей в процессе эксперимента при всех вариантах кормления в подавляющем числе случаев была обусловлена каннибализмом. У десятиногих ракообразных большинство случаев каннибализма происходит в период линьки [Борисов, 2020]. При низких скоростях роста в варианте КРАК 25 отмечены высокие показатели выживаемости, что, видимо, снизило личную активность особей и, как следствие, уменьшило возможность каннибализма. В этой связи уменьшение доли белка в кормах нельзя рассматривать в качестве подхода, который позволил бы снизить каннибализм в процессе культивирования.

Сравнивая результаты выполненных экспериментов, можно сказать, что особи, выращенные на корме Wafer, существенно обогнали в росте особей, кормление которых осуществляли экспериментальными кормами. По-видимому, причиной этого могут служить различия в составе: в частности, попытка использовать в экспериментальных кормах в качестве основного источника белка не рыбную муку, а растительные компоненты. Успешная возможность замены рыбной муки на источники белка растительного происхождения указывается рядом авторов [Muzinic et al., 2005; Thompson et al., 2005; Gutierrez, Rodriguez, 2010]. Однако наши исследования показывают, что к таким вариантам следует подходить с осторожностью. Можно также предположить, что причиной низких показателей прироста при использовании экспериментальных кормов может быть сниженная вкусовая привлекательность кормов или их отдельных компонентов. Основная оценка пищевых характеристик корма десятиногими ракообразными производится ротовыми конечностями [Garm et al., 2003]. Ротовые конечности

также активно участвуют в первичной механической обработке и манипуляциях с пищевыми объектами [Борисов, 2002]. Корм не сразу заглатывается раком, а сначала оценивается ротовыми конечностями. При низкой привлекательности гранулы корма могут быть не съедены, а раскрошены ротовыми конечностями. Таким образом, эффективность комбикормов может зависеть не только от доли белка, но и от вкусовой привлекательности. В этой связи интересным направлением может быть исследование вкусовых предпочтений молоди австралийского красноклешневого рака, оценка пищевой привлекательности различных компонентов комбикормов и формирование на основе полученных данных новых рецептов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённые эксперименты показали, что скорость роста молоди австралийского красноклешневого рака находится в прямой зависимости от количества белка в корме. Исследования содержания протеина в мышцах указывают на зависимость его количества от содержания белка в комбикормах. Анализ полученных и литературных данных свидетельствует, что корма с содержанием белка ниже 35% не могут быть рекомендованы для выращивания молоди австралийского красноклешневого рака. Оптимальными для роста молоди являются варианты кормов с долей белка 45%. Также отмечено, что эффективность комбикормов зависит не только от доли белка и их энергетической ценности, но и от вкусовой привлекательности.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания «ФГБНУ ВНИРО» по теме «Изучение питательных свойств, норм ввода перспективных видов сырья и разработка линейек рецептов комбикормов для объектов аквакультуры с учётом их видовой, возрастной специфики и технологий выращивания».

ЛИТЕРАТУРА

Борисов Р.Р. 2002. Щетиночное вооружение и функции ротовых конечностей длиннопалого рака (*Pontastacus leptodactylus*) при обработке пищи // Тез. докл. VI Всерос. конф. по промысловым беспозвоночным. М.: Изд-во ВНИРО. С. 94–97.

- Борисов Р.Р. 2020. Морфология и поведение десятиногих ракообразных (Crustacea: Decapoda) в постэмбриональном онтогенезе.: Автореф. дис. ... доктора. биол. наук. М.: ВНИРО. 48 с.
- Борисов Р.Р., Никонова И.Н., Паршин-Чудин А.В., Ковачева Н.П. 2021. Оценка эффективности методов регулирования окраски белого раба *Penaeus vannamei* в аквакультуре // Труды ВНИРО. Т. 183. С. 87–95.
- Жигин А.В., Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Загорская Д.С., Арыстангалиева В.А. 2017. Выращивание австралийского красноклещевого рака в циркулярной установке // Рыбное хозяйство. № 1. Р. 61–65.
- Хорошко А.В., Крючков В.Н. 2010. Новые направления прудовой аквакультуры в южных регионах России // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. № 2. С. 51–54.
- Шокашева Д.И. 2018. Специфика многолетней доместикиции австралийского рака *Cherax quadricarinatus* в условиях западной части Российской Федерации // Известия ТИНРО, 194: 188–192.
- Cortes-Jacinto E., Villarreal-Colmenares H., Civera-Cerecedo R., Martinez-Cordova R. 2003. Effect of dietary protein level on growth and survival of juvenile freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) // Aquaculture Nutrition. № 9. Р. 207–213.
- D'Abramo L., Robinson E.H. 1989. Nutrition of crayfish // Reviews in Aquatic Sciences. V. 1. P. 711–728.
- Garm A., Hallberg E., Høeg J.T. 2003. Role of maxilla 2 and its setae during feeding in the shrimp *Palaemon adspersus* (Crustacea: Decapoda) // Biological Bulletin. № 204. P. 126–137.
- Gutierrez M.L., Rodriguez E.M. 2010. Effect of protein source on growth of early juvenile redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda, Parastacidae) // Freshwater Crayfish. V. 17. P. 23–29.
- Hernandez M.P., Rouse D.B., Olvera-Novoa M.A. 2001. Effect of dietary protein–lipid ratios on survival and growth of Australian crayfish (*Cherax quadricarinatus*) hatchlings and juveniles // Freshwater Crayfish. V. 13. P. 97–106.
- Jones C.M. 1990. The biology and aquaculture potential of the tropical freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus*. Queensland Department of Primary Industries Information Series. 109 p.
- Keefe A., Rouse D. 1999. Protein requirements for juvenile Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* // Freshwater Crayfish. V. 12. P. 471–477.
- Muzinic L.A., Thompson K.R., Morris A., Webster C.D., Rouse D.B., Manomaitis L. 2004. Partial and total replacement of fish meal with soybean meal and brewer's grains with yeast in practical diets for Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* // Aquaculture. V. 230. P. 359–376.
- Rodriguez-Gonzalez H., Garcia-Ulloa M., Hernandez-Llamas A., Villarreal H. 2006. Effect of dietary protein level on spawning and egg quality of redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* // Aquaculture. V. 257. P. 412–419.
- Saoud I., Yta A., Ghanawi J. 2012. A review of nutritional biology and dietary requirements of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868) // Aquaculture Nutrition. V. 18. P. 349–368.
- Thompson K.R., Muzinic L.A., Engler L.S., Webster C.D. 2005. Evaluation of practical diets containing different protein levels, with or without fish meal, for juvenile on Australian redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) // Aquaculture. V. 244. P. 241–249.
- Thompson K.R., Metts L.S., Muzinic L.A., Dasgupta S., Webster C.D. 2006. Effects of feeding practical diets containing different protein levels, with or without fish meal, on growth, survival, body composition and processing traits of male and female Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) grown in ponds // Aquaculture Nutrition. V. 12, № 3. P. 227–238.
- Thompson K.R., Muzinic L.A., Engler L.S., S.-R. Morton, Webster C.D. 2004. Effects of feeding practical diets containing various protein levels on growth, survival, body composition, and processing traits of Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) and on pond water quality // Aquaculture Research. V. 35, № 7. P. 659–668.
- Webster C.D., Goodgame-Tiu L.S., Tidwell J.H., Rouse D.B. 1994. Evaluation of practical feed formulations with different protein levels for juvenile redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) // Trans. Ky. Acad. Sci. V. 55. P. 108–112.

REFERENCES

- Borisov R.R. 2002. Setae and functions on the mouthparts of the long-clawed crayfish (*Pontastacus leptodactylus*) during food processing // VI All-Russian Conference on Commercial Invertebrates konferencii po promyslovym bespozvochnym. Theses of Reports. M.: VNIRO Publish. P. 94–97. (In Russ.).
- Borisov R.R. 2020. Morphology and behavior of decapods (Crustacea: Decapoda) in postembryonic ontogenesis. Abstract of Doctor in Biological thesis. Moscow: VNIRO. 48 p. (In Russ.).
- Borisov R.R., Nikonova I.N., Parshin-Chudin A. V., Kovacheva N.P. 2021. Evaluation effectiveness of methods for regulating the coloring of whiteleg shrimp *Penaeus vannamei* in aquaculture // Trudy VNIRO. Vol. 183. P. 87–95. DOI: 10.36038/2307–3497–2021–183–87–95 (In Russ.).
- Zhigin A.V., Borisov R.R., Kovacheva N.P., Zagorskaja D.S., Aryshtangalieva V.A. 2017. Cultivation of Australian red-claw crayfish in circulation system // Rybnoe hozjajstvo. № 1. P. 61–65. (In Russ.).
- Horoshko A.V., Krjuchkov V.N. 2010. New directions of pond aquaculture in the southern regions of Russia // Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennogo kompleksa. № 2. P. 51–54. (In Russ.).
- Shokasheva D.I. 2018. Specific features of long-term domestication of Australian crayfish *Cherax quadricarinatus* in conditions of the western part of Russian Federation // Izvestiya TINRO, Vol. 194. P. 188–192. DOI: 10.26428/1606–9919–2018–194–188–192 (In Russ.).
- Cortes-Jacinto E., Villarreal-Colmenares H., Civera-Cerecedo R., Martinez-Cordova R. 2003. Effect of dietary protein level on growth and survival of juvenile freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) // Aquaculture Nutrition. N9. P. 207–213. DOI: 10.1046/j.1365–2095.2003.00241.x
- D'Abramo L., Robinson E.H. 1989. Nutrition of crayfish // Reviews in Aquatic Sciences. V. 1. P. 711–728.

- Garm A., Hallberg E., Høeg J.T. 2003. Role of maxilla 2 and its setae during feeding in the shrimp *Palaemon adspersus* (Crustacea: Decapoda) // Biological Bulletin. N 204. P. 126–137. DOI: 10.2307/1543548.
- Gutierrez M.L., Rodriguez E.M. 2010. Effect of protein source on growth of early juvenile redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Decapoda, Parastacidae) // Freshwater Crayfish. V. 17. P. 23–29.
- Hernandez M.P., Rouse D.B., Olvera-Novoa M.A. 2001. Effect of dietary protein–lipid ratios on survival and growth of Australian crayfish (*Cherax quadricarinatus*) hatchlings and juveniles // Freshwater Crayfish. V. 13. P. 97–106.
- Jones C.M. 1990. The biology and aquaculture potential of the tropical freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus*. Queensland Department of Primary Industries Information Series. 109 p.
- Keeffe A., Rouse D. 1999. Protein requirements for juvenile Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* // Freshwater Crayfish. V. 12. P. 471–477.
- Muzinic L.A., Thompson K.R., Morris A., Webster C.D., Rouse D.B., Manomaitis L. 2004. Partial and total replacement of fish meal with soybean meal and brewer's grains with yeast in practical diets for Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* // Aquaculture. V. 230. P. 359–376. DOI: 10.1016/S0044-8486(03)00420-4.
- Rodriguez-Gonzalez H., Garcia-Ulloa M., Hernandez-Llamas A., Villarreal H. 2006. Effect of dietary protein level on spawning and egg quality of redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* // Aquaculture. V. 257. P. 412–419. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2006.01.020.
- Saoud I., Yta A., Ghanawi J. 2012. A review of nutritional biology and dietary requirements of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868) // Aquaculture Nutrition. V. 18. P. 349–368. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2011.00925.x
- Thompson K.R., Muzinic L.A., Engler L.S., Webster C.D. 2005. Evaluation of practical diets containing different protein levels, with or without fish meal, for juvenile on Australian redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) // Aquaculture. V. 244. P. 241–249. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2004.11.018
- Thompson K.R., Metts L.S., Muzinic L.A., Dasgupta S., Webster C.D. 2006. Effects of feeding practical diets containing different protein levels, with or without fish meal, on growth, survival, body composition and processing traits of male and female Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) grown in ponds // Aquaculture Nutrition. V. 12, N3. P. 227–238. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2006.00407.x
- Thompson K.R., Muzinic L.A., Engler L.S., S.-R. Morton, Webster C.D. 2004. Effects of feeding practical diets containing various protein levels on growth, survival, body composition, and processing traits of Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) and on pond water quality // Aquaculture Research. V. 35, N7. P. 659–668. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2004.01063.x
- Webster C.D., Goodgame-Tiu L.S., Tidwell J.H., Rouse D.B. 1994. Evaluation of practical feed formulations with different protein levels for juvenile redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) // Trans. Ky. Acad. Sci. V. 55. P. 108–112. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2004.11.018.

Поступила в редакцию 20.03.2022 г.
Принята после рецензии 20.04.2022 г.



Аквакультура

Опыт замены рыбьего жира растительными маслами в комбикормах для радужной форели

С.В. Биндюков¹, И.В. Бурлаченко¹, Ю.А. Баскакова¹, Р.В. Артемов¹, М.В. Арнаутов¹,
Ю.А. Новоселова², В.В. Гершунская¹

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

² Филиал по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ»), п. Рыбное, 40А, Дмитровский г. о., Московская обл., 141821

E-mail: protein@vniro.ru

Целью работы являлось изучение влияния замены в комбикормах рыбьего жира растительными маслами на продукционные, физиологические показатели, а также химический и жирнокислотный состав тканей радужной форели. Для оценки влияния липидного состава корма на молодь форели определяли показатели ее темпа роста, выживаемости, кормовых затрат, химического и жирнокислотного состава мышечной ткани. Питательную ценность кормов оценивали **методами** анализа содержания основных питательных веществ. Для определения жирнокислотного состава общих липидов кормов и мышечной ткани форели метиловые эфиры жирных кислот анализировали на хроматографе «Кристалл 5000.2».

Новизна исследования связана с моделированием оптимального соотношения рыбьего жира, рапсового и соевого масел в рецептурах кормов.

В результате исследований установлено, что самые высокие ростовые показатели и выживаемость при более низких затратах комбикорма выявлены у рыб, выращиваемых на кормах без замены рыбьего жира и кормах с использованием смеси рыбьего жира, рапсового и соевого масел в соотношении 4:6:5. Замена в рецептах кормов рыбьего жира на растительные масла не оказала отрицательного влияния на химический состав мышечной ткани рыбы. Благодаря процессам элонгации и десатурации, протекающим в тканях радужной форели, включение в состав комбикормов рапсового и соевого масел не приводило к снижению количества эйкозапентаеновой и докозагексаеновой жирных кислот.

Практическая значимость работы заключается в получении новых рецептов комбикормов для ценных видов рыб, обеспечивающих возможности эффективного выращивания радужной форели с заданными качественными характеристиками.

Ключевые слова: радужная форель *Oncorhynchus mykiss*, питание рыб, комбикорм, замена рыбьего жира, жирнокислотный состав, омега-3, ростовые показатели.

Fish oil replacement with vegetable oils in compound feeds for rainbow trout

Sergey V. Bindukov¹, Irina V. Burlachenko¹, Yuliya A. Baskakova¹, Roman V. Artemov¹,
Maksim A. Arnautov¹, Yuliya A. Novoselova², Valeriya V. Gershunskaya¹

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

² Freshwater fisheries branch of «VNIRO» («VNIIPRH»), 40A, v. Rybnoe, Dmitrov c. d., Moscow reg., 141821, Russia

The **aim** of the work was to study the effect of compound feeds with full or partial replacement of fish oil with vegetable oils on the composition of tissues and growth performance of rainbow trout.

Method of chemical analyses was used for the estimation of nutritional value of the feed. To determine the fatty acid composition of the total lipids of feed and muscle tissue of trout, methyl esters of fatty acids were analyzed on a Crystal 5000.2 chromatograph. To assess the effect of compound feeds on fish, a number of fish-breeding and biological indicators were determined.

The novelty of the study is associated with modeling the optimal ratio of fish oil, rapeseed and soybean oils in fish diets.

As a result of the research, it was found that the highest growth rates and survival at lower feed costs were found in fish grown on diet without replacing fish oil and diet with a mixture of fish oil, rapeseed and soybean oils in a ratio of 4:6:5. Replacing fish oil with vegetable oils in feed recipes did not adversely affect the chemical composition of fish muscle tissue. Due to the elongation and desaturation processes occurring in the tissues of rainbow trout, the inclusion of rapeseed and soybean oils in the compound feed did not lead to a decrease in the amount of eicosapentaenoic and docosahexaenoic fatty acids.

The practical significance of the work lies in obtaining new diets for compound feeds for valuable fish species, providing opportunities for effective cultivation of rainbow trout with specified quality characteristics.

Keywords: rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, fish nutrition, feed, fish oil replacement, fatty acid composition, omega-3, growth performance.

ВВЕДЕНИЕ

Лососеводство является одним из наиболее перспективных направлений товарного рыбоводства. С 2013 по 2020 гг. объёмы аквакультуры лососевых в Российской Федерации выросли почти в три раза и достигли 116,2 тысячи т. Производство форели разных видов по итогам 9 месяцев 2021 г. составило около 100 тысяч т.¹ Радужная форель *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) — это широко распространённый вид семейства лососевых, который относится к традиционным объектам аквакультуры. В настоящее время её активно выращивают в условиях садковых форелеводческих хозяйств, в бассейнах закрытого типа и установках замкнутого водообеспечения [Новоженкин, 2010].

Интенсивный рост товарной аквакультуры в мире во многом связан с применением экструдированных комбикормов. В качестве основной липидной составляющей в кормах для лососевых рыб преимущественно использовали рыбий жир в связи с его высокой переваримостью и наличием незаменимых полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). Длинноцепочечные ПНЖК семейства омега-3, такие как эйкозапентаеновая (20:5n-3, ЭПК) и докозагексаеновая (22:6n-3, ДГК), являются важнейшими элементами питания холодолюбивых рыб, т. к. обеспечивают их адаптацию к условиям низкой температуры [Sargent et al., 1999; Tocher, 2003; Trushenski et al., 2012].

В последнее время всё более остро встаёт вопрос о сокращении использования рыбьего жира в качестве компонента комбикормов для объектов аквакультуры. Рост производства продукции рыбоводства и ракообразных и, соответственно, комбикормов для них приводит к тому, что аквакультура оказывается не производителем, а потребителем ЭПК и ДГК [Гладышев, 2020]. Согласно исследованиям Турчини на производство 1 г ПНЖК в филе лососевых рыб расходуется 5 г кормовых ПНЖК [Turchini et al., 2011]. Кроме того, рыбий жир на сегодняшний день весьма дорогой и ограниченный в производстве ресурс. Поэтому поиск альтернативных источников липидов для комбикормов является актуальной задачей и рассматривается как одна из составляющих устойчивого развития ООН [Tacon, Metian, 2008].

В качестве возможных источников липидов для комбикормов рассматриваются различные растительные масла (подсолнечное, льняное, соевое, рапсовое, оливковое, пальмовое, хлопковое, горчичное), содержащие большую долю жирных кислот семейства омега-3 и омега-6 [Sales, Glencross, 2011; Nasopoulou,

Zabetakis, 2012; Turchini et al., 2018; Lima et al., 2019]. Некоторые из них особенно богаты альфа-линоленовой кислотой (18:3n-3), которая может быть использована рыбами для собственного синтеза ЭПК и ДГК с помощью ферментов элонгаз и десатураз [Turchini et al., 2009]. Наличие этих ферментов в большей степени присуще рыбам низкого трофического уровня, в меньшей — хищным видам рыб.

Поэтому зачастую замена рыбьего жира альтернативными источниками липидов снижает содержание ЭПК и ДГК в корме и выращиваемой рыбе. В этой связи для различных видов рыб актуальным является подбор состава липидных компонентов корма, который в необходимой степени мог бы обеспечить процессы элонгации жирных кислот в ходе метаболизма ЭПК и ДГК [Tocher et al., 2019], на фоне сохранения высокой скорости роста и выживаемости.

Целью настоящей работы было изучение влияния замены в комбикормах рыбьего жира растительными маслами на продукционные, физиологические показатели, а также химический и жирнокислотный состав тканей радужной форели.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Схема эксперимента представлена в табл. 1.

Экспериментальные комбикорма, в составе которых рыбий жир был полностью или частично заменён на растительные масла в определённом соотношении, изготавливали в Филиале по пресноводному рыбному хозяйству ФГБНУ «ВНИРО» («ВНИИПРХ») на опытно-производственной линии Amandus Kahl (Германия) методом экструдирования с использованием матрицы с отверстиями диаметром 4,5 мм. В качестве контроля использовали коммерческий экструдированный корм отечественного производства для форели, в состав которого, согласно маркировке, входили растительное масло и рыбий жир.

При исследовании химического состава комбикормов и мышечной ткани рыб в образцах определяли содержание влаги путём высушивания навески до постоянной массы в лабораторной электропечи SNOL 58/350 при температуре 103±1 °С. Содержание сырого протеина определяли по методу Кьельдаля² с помощью автоматического анализатора Kjeltac™-8400, содержание сырого жира — по методу Сокслета³ на автоматическом экстракторе VELP Scientifica SER

² ГОСТ 32044.1–2012 (ISO 5983–1:2005). 2014. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина. Часть 1. Метод Кьельдаля. Введ. 01.07.2014. М.: Стандартинформ. 15 с.

³ ГОСТ 32905–2014 (ISO 6492:1999). 2015. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Метод определения содержания сырого жира (с Поправкой). Введ. 01.01.2016. М.: Стандартинформ. 16 с.

¹ <http://aquacultura.org/news/otechestvennyy-losos-zakryl-importnyu-nishu/>

Таблица 1. Схема испытаний комбикормов с заменой рыбьего жира растительными маслами на радужной форели
Table 1. The scheme of rainbow trout feed experiment on diets with the replacement of fish oil with vegetable oils

Шифр комбикормов	Основной компонентный состав комбикормов	Содержание, %		
		Рыбий жир	Рапсовое масло	Соевое масло
КРФР 15/0/0	Рыбная мука, пшеница, мясная мука, соевый шрот, соевый концентрат, пшеничный глютен, премикс	15	—	—
КРФР 8/4/3		8	4	3
КРФР 4/6/5		4	6	5
КРФР 0/7/8		0	7	8
Контроль	Рыбная мука, пшеница, концентрат белка подсолнечника, соевый концентрат, кукурузный глютен, гемоглобин, премикс	Рыбий жир, растительное масло, соотношение неизвестно		

148/6 при использовании диэтилового эфира в качестве растворителя. Количество сырой золы находили путём сжигания образцов в муфельной печи Yamato FM37 при температуре 550 ± 2 °C до постоянной массы и равномерного цвета. Содержание клетчатки в образцах устанавливали по методу Геннеберга-Штомана.⁴ Сумму безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) вычисляли расчётным путём.

Состав жирных кислот общих липидов комбикормов и мышечной ткани форели анализировали в виде метиловых эфиров на газовом хроматографе «Кристалл 5000.2» с пламенно-ионизационным детектором на капиллярной колонке CR-FAME 100 м×0,25 мм×0,2 мкм («Хроматэк»), газ носитель — водород. В качестве стандарта была использована смесь метиловых эфиров Supelco 37 component FAME MIX (каталожный номер CRM47885). Обработку результатов анализа производили с использованием программного обеспечения Хроматек Аналитик методом внутренней нормализации.

Рыбоводно-биологические испытания комбикормов проводили в условиях экспериментального рыбоводного комплекса ВНИИПРХ на молоди радужной форели. Средняя масса рыб в начале опыта составляла от 190 до 209 г.

Форель содержали в проточных прямоугольных бассейнах объёмом 1,3 м³ с начальной плотностью посадки 16 кг/м³ (110 штук/бассейн). Расход воды составлял 17,1 л/мин при полном водообмене 76 минут. Эксперимент продолжался в течение 58 суток. Суточный рацион кормления составлял 1,5% от биомассы; кормили рыб вручную 5 раз в светлое время суток. Отход рыбы учитывали ежедневно. Чистку рыбоводных ёмкостей проводили по мере загрязнения.

⁴ ГОСТ 31675–2012. 2014. Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации. Введ. 01.07.2013. М.: Стандартинформ. 22 с.

Гидрохимические параметры среды выращивания рыб (температуру, содержание кислорода, pH) фиксировали 2 раза в сутки. Температуру определяли с помощью водного термометра, в процессе рыбоводных испытаний она постепенно повышалась от 10,5 до 16,4 °C. Содержание растворённого в воде кислорода, регистрировавшееся с помощью термооксиметра OxyGuard Handy Polaris, за период выращивания составило 6,9–10,1 мг О₂/л. Значения pH определяли pH-метром Hanna, значения варьировали в пределах 7,7–8,3.

Оценку темпа роста проводили на основании результатов контрольных обловов и взвешивания по 25 экз. из каждого бассейна. В ходе исследований применяли стандартные методики обработки первичного материала [Правдин, 1966]. Абсолютный прирост вычисляли по разности между начальной и конечной массой рыб. Относительный прирост рассчитывали по формуле:

$$B = \frac{M_t - M_0}{M_0} \times 100\%,$$

где B — относительный прирост, %; M_0 , M_t — средняя масса рыб в начале и конце эксперимента, г.

Среднесуточный прирост рассчитывали по формуле:

$$C_w = \frac{2 \cdot (M_t - M_0)}{(M_t + M_0) \cdot t} \times 100\%,$$

где C_w — среднесуточный прирост, %; M_0 , M_t — средняя масса рыб в начале и конце эксперимента, г; t — количество суток.

Коэффициент упитанности определяли по формуле Т. Фультонна:

$$Ky = \frac{M}{L^3} \times 100\%,$$

где M — масса рыбы, г; L — длина рыбы по Смитту.

Индекс печени определяли по Шварцу в процентах от массы рыбы.

Выживаемость выражали в процентах от общего количества наблюдаемых рыб. Кормовые затраты

находили путём отношения количества затраченного корма на прирост молоди с учётом её отхода, за весь период выращивания [Щербина, Гамыгин, 2006].

Статистическую обработку данных осуществляли с помощью однофакторного дисперсионного анализа методом ANOVA. Результаты представляли в виде средних значений и их ошибок ($\bar{x} \pm m\bar{x}$). Уровень значимости составлял не менее 95 % ($p < 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рецепты комбикормов с различным соотношением рыбьего жира, рапсового и соевого масла (табл. 1) были смоделированы на основании данных о питательной ценности кормовых компонентов и с учетом потребности форели в основных нутриентах [Nutrient requirements..., 2011]. Как видно из табл. 1 в состав экспериментальных и контрольного корма входили, в основном, сходные компоненты.

Питательную ценность кормов оценивали путём совокупного анализа содержания основных питательных веществ и расчёта валовой энергии (табл. 2).

Согласно результатам исследований по химическому составу опытные комбикорма не различались между собой, при этом по содержанию белка, жира и БЭВ достоверно отличались от контрольного образца ($p < 0,05$). Количество жира во всех опытных образцах комбикормов составляло в среднем около 17 %, что соответствовало расчётным показателям, заданным при моделировании рецептур. В контрольном образце корма содержание липидов было довольно высоким – 23,51 %. Все образцы комбикормов были высокоэнергетическими с содержанием валовой энергии от 21,1 до 23,2 МДж/кг.

Для оценки биологической ценности общих липидов контрольного и экспериментальных комбикормов исследован их жирнокислотный состав, данные представлены на рис. 1.

Таблица 2. Химический состав и валовая энергия комбикормов для радужной форели с заменой рыбьего жира растительными маслами

Table 2. Chemical composition and gross energy of rainbow trout diets with replacement of fish oil with vegetable oils

Шифр комбикормов	Содержание, %						Валовая энергия, МДж/кг
	влага	сырой протеин	сырой жир	сырая зола	БЭВ	клетчатка	
КРФР 15/0/0	5,41±0,20	46,22±0,22	16,41±0,15	8,03±0,22	21,53±0,41	2,53±0,11	21,3
КРФР 8/4/3	6,52±0,14	45,91±0,25	17,13±0,21	8,11±0,14	20,05±0,36	2,50±0,10	21,3
КРФР 4/6/5	6,54±0,21	46,13±0,28	16,52±0,20	8,13±0,17	20,51±0,35	2,54±0,09	21,1
КРФР 0/7/8	6,23±0,13	46,14±0,30	17,11±0,18	8,04±0,21	20,14±0,41	2,53±0,07	21,3
Контроль	5,71±0,16	47,04±0,32	23,51±0,32	6,12±0,22	15,13±0,35	2,50±0,10	23,2

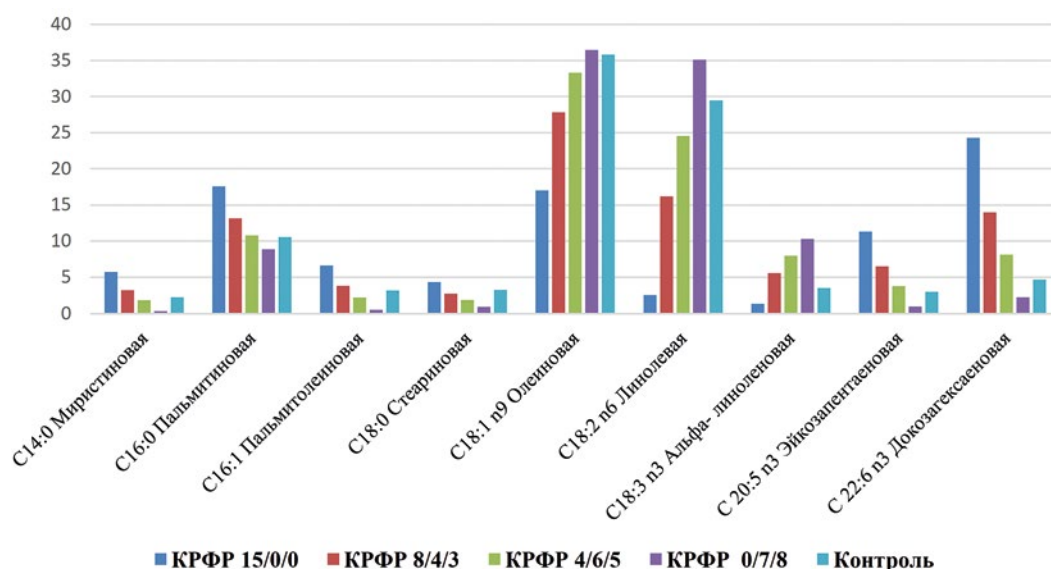


Рис. 1. Содержание жирных кислот в липидах комбикормов с заменой рыбьего жира растительными маслами, % от суммы
Fig. 1. The fatty acids content in the lipids of diets with the replacement of fish oil with vegetable oils, %

Результаты анализа показали существенную разницу в содержании жирных кислот.

Содержание насыщенных жирных кислот, служащих основным источником энергии в метаболизме рыб, было минимальным в экспериментальном комбикорме без рыбьего жира (КРФР 0/7/8) и практически в 2 раза отличалось в меньшую сторону от их количества в корме, содержащем только рыбий жир (КРФР 15/0/0).

Количество мононенасыщенной олеиновой кислоты возрастало по мере увеличения доли растительных масел в составе корма: от 17% в КРФР 15/0/0, включавшем только рыбий жир до 35,8–36,5% от общей суммы жирных кислот в контроле и комбикорме с рапсовым и соевым маслом (КРФР 0/7/8).

Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) исследованных комбикормов представлены семействами омега-3 и омега-6. Наиболее выраженную динамику наблюдали в содержании линолевой кислоты, относящейся к семейству омега-6, основным источником которой служило соевое масло. В корме без растительных масел (КРФР 15/0/0) её определяли на уровне 2,5%. При повышении содержания растительных масел происходило увеличение доли линолевой кислоты с 16,2% для КРФР 8/4/3 до 24,6% для КРФР 4/6/5, 29,5% для контроля и 35,1% для КРФР 0/7/8.

Количество незаменимой для рыб альфа-линоленовой кислоты, относящейся к семейству оме-

га-3, составляло 1,4% в корме КРФР 15/0/0; 5,6% – в КРФР 8/4/3; 7,9 и 10,3% в КРФР 4/6/5 и КРФР 0/7/8, соответственно. В контрольном корме её содержание не превышало 3,5%. Важно отметить, что, согласно литературным данным, радужная форель относится к тем немногим видам рыб, способным синтезировать ЭПК и ДГК из растительной альфа-линоленовой кислоты [Tocher, 2003; Turchini et al., 2009; Остроумова, 2012].

По содержанию длинноцепочечных ПНЖК семейства омега-3, а именно ЭПК и ДГК, опытные и контрольный корма также имели существенные различия. Наиболее низким уровень этих кислот был в контрольном корме (2,97 и 4,66%) и КРФР 0/7/8 (0,99 и 2,22%, соответственно). В последнем содержание ЭПК и ДГК было на порядок меньше чем в корме без растительных масел КРФР 15/0/0, содержащем 11,28% ЭПК и 24,29% ДГК. В комбикормах КРФР 8/4/3 и КРФР 4/6/5 количество ЭПК и ДГК было также весьма высоким и превышало рекомендуемые в литературе минимальные уровни для удовлетворения потребностей форели в этих жирных кислотах, составляющие 0,5–1% к рациону [Остроумова, 2012; Barry, Trushenski, 2019].

Таким образом, согласно проведённым исследованиям в опытных образцах кормов с увеличением доли растительных масел возрастало содержание олеиновой, линолевой и альфа-линоленовой кислот

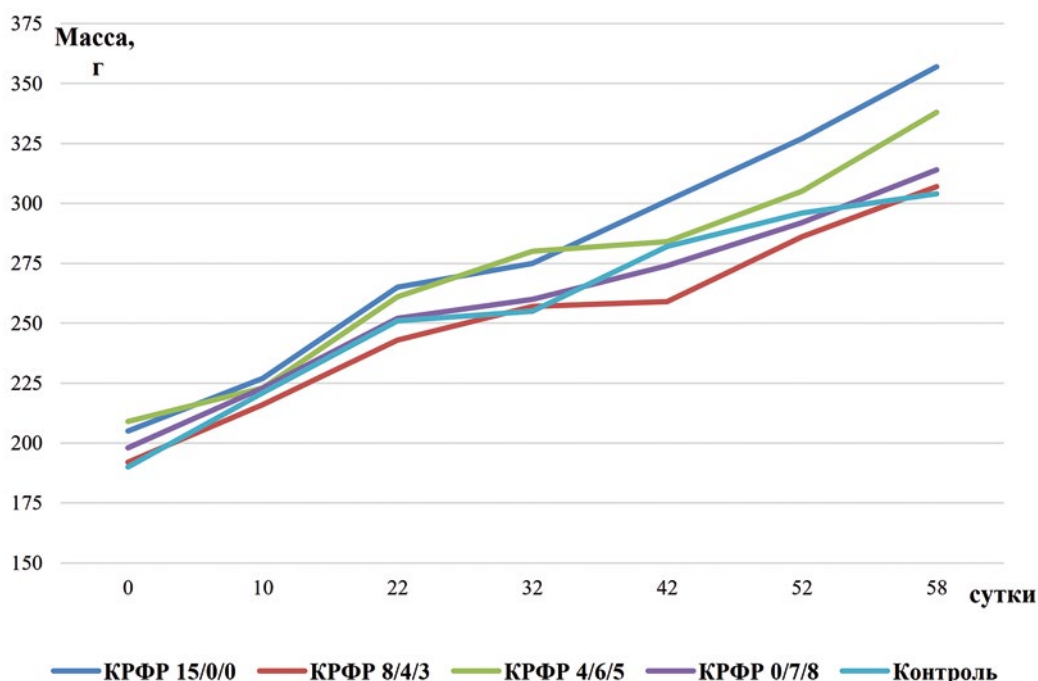


Рис. 2. Изменение массы тела радужной форели, выращиваемой на комбикормах с заменой рыбьего жира растительными маслами, г

Fig. 2. Body weight dynamic of rainbow trout on diets with the replacement of fish oil with vegetable oils

и снижалось содержание длинноцепочечных полиненасыщенных жирных кислот (ЭПК и ДГК).

В процессе проведения испытаний комбикормов с различным уровнем замены рыбьего жира изучены динамика изменения массы и рыбоводно-биологические показатели радужной форели.

Динамика изменений массы молоди радужной форели в период выращивания представлена на рис. 2. Показатели живой массы форели возрастали в опытных и контрольной группах на протяжении всего периода исследований. Наибольшие ростовые показатели отмечены в группах рыб, получавших корма КРФР 15/0/0 и КРФР 4/6/5.

Результаты рыбоводных испытаний комбикормов с различным уровнем замены рыбьего жира представлены в табл. 3.

Анализ результатов опыта показал, что замена в рационе молоди форели рыбьего жира растительными маслами в различных соотношениях оказала определённое влияние на комплекс рыбоводно-биологических показателей. Лучший темп роста и соответственно прироста отмечен в группе 1 (корм КРФР 15/0/0). Средняя конечная масса в этом варианте была наибольшей — 357,10 г, а абсолютный прирост 152,1 г, что в 1,3 выше, чем в контроле. Несколько хуже росла рыба из группы 3 (корм КРФР 4/6/5), где абсолютный прирост составил 129,1 г, средняя конечная масса — 338,1 г. В остальных бассейнах приросты были близкими — от 114,1 до 116,1 г. Относительный прирост также был максимальным у рыб, получавших корма без добавления растительных масел. В остальных группах, выращенных на рационах с различным соотношением растительных масел, этот показатель составлял от 58,6 до 61,7%.

Среднесуточная скорость роста во всех вариантах опыта и контроле была невысокой и колебалась в пределах 0,8–0,9%. Это можно объяснить неоптимальными температурным и кислородным режимами проведения опыта.

Наибольшая выживаемость отмечена в группах 1, 3 и контроле, где она колебалась от 92,7 до 96,4%. В группах 2 и 4 выживаемость составила 86,4 и 87,3%, соответственно.

Анализ морфофизиологических показателей показал, что коэффициенты упитанности молоди форели в экспериментальных и контрольной группах были стабильными, характерными для рыб данной возрастной группы [Молчанова, Хрусталева, 2017] и не зависели от использованного корма. Внесение растительных масел не вызывало нарушений жирового обмена в организме рыб, что подтверждено данными по величинам индекса печени, которые были в пределах нормы.

Наименьшие кормовые затраты получены при использовании корма, содержащего в качестве липидов только рыбий жир — 1,2 ед. В третьей группе и контроле этот показатель составил 1,4 ед. Самая низкая эффективность кормления отмечена во второй опытной группе на корме КРФР 8/4/3.

Таким образом, согласно данным рыбоводно-биологических испытаний замена рыбьего жира растительными маслами в составе кормов для форели не оказывала отрицательного влияния на скорость роста и физиологическое состояние рыб. Лучшие рыбоводные результаты получены при выращивании радужной форели на кормах без замены рыбьего жира (КРФР 15/0/0). Однако, согласно материалам других исследователей, замена рыбьего жира растительными

Таблица 3. Рыбоводно-биологические показатели радужной форели при выращивании на комбикормах с заменой рыбьего жира растительными маслами

Table 3. Fish-breeding and biological indicators of rainbow trout on diets with the replacement of fish oil with vegetable oils

Показатель	Шифр комбикормов				
	КРФР 15/0/0	КРФР 8/4/3	КРФР 4/6/5	КРФР 0/7/8	Контроль
Средняя начальная масса, г	205,0±13,7	192,1±14,1	209,1±12,9	198,5±13,0	190,1±14,5
Средняя конечная масса, г	357,1±28,6	307,3±19,0	338,1±27,2	314,2±23,4	304,2±19,2
Абсолютный прирост, г	152,1	115,0	129,1	116,1	114,1
Относительный прирост, В, %	74,2	59,9	61,7	58,6	60,0
Среднесуточный прирост, Св, %	0,9	0,8	0,9	0,8	0,8
Выживаемость, %	96,4	86,4	92,7	87,3	93,6
Коэффициент упитанности, Ку	2,03±0,06	2,04±0,04	2,02±0,08	2,12±0,08	2,02±0,07
Индекс печени	1,48±0,09	1,40±0,09	1,45±0,08	1,42±0,05	1,54±0,06
Кормовые затраты	1,2	1,9	1,4	1,7	1,4

маслами не сказывается на темпах роста радужной форели [Yildiz et al., 2018; Turchini et al., 2018; Lima et al., 2019; Gesto et al., 2021]. Возможно, на результат эксперимента могли повлиять условия окружающей среды: в конце эксперимента наблюдали некоторое снижение растворённого в воде кислорода; средняя температура воды в бассейнах составила 13,3 °C, что несколько ниже оптимальной, принятой для выращивания форели — 15 °C [Титарев, 2007].

Оценку влияния комбикормов на пищевую ценность мяса радужной форели проводили путём исследования химического состава образцов мышечной ткани, данные представлены в табл. 4.

Согласно результатам анализов содержание влаги, белка и липидов в мышечной ткани рыб опытных групп в процессе выращивания значительно не изменилось по сравнению с этими показателями в мясе форели до начала эксперимента. Следует отметить, что мясо форели, получавшей комбикорм КРФР 4/6/5, отличалось высоким уровнем белка и жира. Полная замена в комбикорме для молоди форели рыбьего жира растительными маслами (группа 4) не оказала отрицательного влияния на химический состав мышечной ткани. При этом у рыб из контрольной группы отмечено снижение содержания липидов в мышцах, несмотря на то, что уровень жира в корме был самым высоким. Это может свидетельствовать о недостаточной балансировке корма, что приводило к нарушению метаболизма и влияло на накопление питательных веществ в съедобных частях тела рыбы. В целом, полученные результаты по содержанию белка и жира коррелируют с данными, полученными отечественными учеными при выращивании сеголеток радужной форели на искусственных кормах в условиях бассейнов [Панов и др., 1991], садков [Поддубная, Котельникова, 2017], установок замкнутого водообеспечения [Соколов, Дворянинова, 2019].

Завершающим этапом исследований влияния замены рыбьего жира на растительные масла в комбикормах для молоди радужной форели явилась оценка жирнокислотного состава общих липидов мышечной ткани форели экспериментальных и контрольной групп. Полученные результаты приведены в табл. 5.

В процессе исследований установлено, что до начала эксперимента содержание олеиновой и линолевой жирных кислот в мышечной ткани рыбы было весьма высоким — 33,20 и 25,92%, соответственно, а количество длинноцепочечных ПНЖК семейства омега-3 небольшим — всего 1,75% ЭПК и 5,66% ДГК, что являлось следствием питания рыбы комбикормом, содержащим растительные масла.

В результате эксперимента в жирнокислотном профиле мышц радужной форели произошли определённые изменения. У форели, выращенной на корме с рыбьим жиром содержание омега-6 кислот существенно уменьшилось, количество ПНЖК семейства омега-3 выросло, а сумма ЭПК и ДГК характеризовалась максимальным значением (10,25%) и стала в 1,4 раза больше, чем до начала эксперимента.

В образцах мышечной ткани форели, получавшей корма КРФР 8/4/3 и КРФР 4/6/5 содержание олеиновой и линолевой кислот сопоставимо с их уровнем у рыб до начала опыта. Суммарный уровень ЭПК и ДГК у рыб, выращенных на указанных кормах, составил 8,40 и 7,89%, соответственно, что превышает количество длинноцепочечных ПНЖК до начала эксперимента, причём, это преимущество возникло в основном за счёт увеличения количества ДГК.

В липидах форели, получавшей опытные корма без рыбьего жира, количество линолевой и олеиновой кислот выросло до 27,11% и 34,38%, а содержание ЭПК и ДГК снизилось до 1,36 и 4,41%, соответственно. Очевидно, что корм с использованием только растительных масел отрицательно сказался на содер-

Таблица 4. Химический состав мышечной ткани радужной форели при выращивании на комбикормах с растительными маслами

Table 4. Chemical composition of rainbow trout muscle tissue on diets with vegetable oils

Группа рыб	Шифр комбикормов	Содержание, %			
		белок	липиды	зола	влага
	До эксперимента	19,03±0,38	7,39±0,23	1,09±0,09	72,92±0,74
1	КРФР 15/0/0	18,81±0,32	7,15±0,19	1,05±0,07	73,34±0,80
2	КРФР 8/4/3	19,59±0,41	7,81±0,20	0,97±0,11	71,51±0,86
3	КРФР 4/6/5	20,19±0,29	8,01±0,26	0,95±0,08	71,15±0,75
4	КРФР 0/7/8	18,66±0,35	7,31±0,21	1,11±0,12	72,62±0,91
	Контроль	19,28±0,40	6,42±0,25	1,12±0,10	73,09±1,01

Таблица 5. Жирнокислотный состав липидов радужной форели при выращивании на комбикормах с заменой рыбьего жира растительными маслами

Table 5. Fatty acid composition of rainbow trout lipids on diets with the replacement of fish oil with vegetable oils

Наименование кислоты	Шифр кислоты	Содержание жирных кислот, % от суммы					Контроль
		До эксперимента	КРФР 15/0/0	КРФР 8/4/3	КРФР 4/6/5	КРФР 0/7/8	
Миристиновая	14:0	2,35	3,50	2,47	2,21	1,90	2,21
Пальмитиновая	16:0	12,43	13,87	13,40	13,34	12,25	11,81
Стеариновая	18:0	3,39	3,76	3,62	3,73	3,51	3,33
Пальмитолеиновая	16:1	3,19	4,37	3,54	3,23	2,71	3,05
Олеиновая	18:1	33,20	27,84	32,57	33,76	34,38	33,90
Гондоиновая	20:1	3,84	3,09	3,09	3,06	3,05	3,50
Линолевая	18:2 n-6	25,92	18,25	24,24	24,46	27,11	26,47
Альфа-линоленовая	18:3 n-3	2,55	2,18	3,11	3,73	3,76	2,53
Гамма-линоленовая	18:3 n-6	0,55	0,62	0,47	0,50	0,57	0,50
Эйкозодиеновая	20:2	1,53	1,70	1,33	1,24	1,50	1,57
Арахидоновая	20:4 n-6	0,46	0,70	0,44	0,43	0,46	0,48
Эйкозопентаеновая	20:5 n-3	1,75	2,72	1,96	1,77	1,36	1,58
Докозагексаеновая	22:6 n-3	5,66	7,53	6,44	6,12	4,41	5,52
Прочие		3,18	9,87	3,34	3,42	3,03	3,57
Сумма ПНЖК		39,78	35,63	39,17	38,47	40,48	40,28
Сумма омега-3		10,22	12,89	11,74	10,92	9,77	9,88
Сумма омега-6		27,86	20,80	25,91	26,14	29,05	28,66
Сумма ЭПК и ДГК		7,41	10,25	8,40	7,89	5,77	7,09
Сумма ЭПК и ДГК, г/100 г		0,55	0,73	0,66	0,55	0,42	0,46

жании и соотношении жирных кислот омега-3 и омега-6 у радужной форели. Жирнокислотный состав мышечной ткани форели, получавшей контрольный корм, практически идентичен показателям для рыбы до начала эксперимента, что закономерно, так как при проведении исследований изменился только размер гранул, но не компонентный состав корма.

Таким образом, ввод в состав комбикормов рапсового и соевого масел, содержавших высокий уровень линолевой (омега-6) и альфа-линоленовой (омега-3) жирных кислот, обеспечил запуск процессов элонгации и десатурации в тканях радужной форели. В результате, дефицит длинноцепочечных ПНЖК в кормах был компенсирован за счёт их синтеза и в процессе роста рыб происходило увеличение содержания ЭПК и ДГК.

Данные по общему химическому и жирнокислотному составу мышечной ткани форели свидетельствуют о том, что по содержанию жира, соотношению суммы омега-3 к омега-6 кислотам, лучшие результаты были получены у рыб, выращенных на комбикормах КРФР 15/0/0, КРФР 4/6/5, КРФР 8/4/3. Лучшие ростовые показатели отмечены на кормах КРФР 15/0/0 и КРФР 4/6/5.

Оценивая эффект применения различных липидных добавок по комплексу рыбоводных, физиологических и биохимических параметров, можно говорить, что наиболее близкий результат относительно корма, включавшего только рыбий жир, был получен при использовании корма КРФР 4/6/5. Это говорит о возможности полноценной замены части рыбьего жира растительными маслами.

Рассматривая выращенную нами форель, как объект питания человека, следует отметить, что согласно рекомендациям ВОЗ потребление ЭПК+ДГК должно составлять от 0,5 до 1 г/сут [Tocher et al., 2019]. С этих позиций форель, получавшая с кормом только рыбий жир, имела некоторое преимущество перед форелью, получавшей смесь рыбьего жира и растительных масел, даже в случае оптимального варианта кормления. Принимая во внимание диапазон различий по показателям суммы ЭПК и ДГК, полученный в разных вариантах кормления, свидетельствующий о наличии процессов элонгации и десатурации у форели, можно говорить о целесообразности дальнейшего поиска оптимальных сочетаний источников и соотношения составляющих липидной части комбикормов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведённых исследований установлено, что содержание и соотношение ПНЖК семейства омега-3 и омега-6 в комбикормах для радужной форели изменялось при увеличении доли рапсового и соевого масла в рецептуре. Самые высокие ростовые показатели и выживаемость при более низких затратах комбикорма выявлены у рыб, выращиваемых на кормах без замены рыбьего жира и кормах КРФР 4/6/5 с использованием смеси рыбьего жира, рапсового и соевого масла. Замена в рецептах кормов рыбьего жира на растительные масла не оказала отрицательного влияния на химический состав мышечной ткани радужной форели. Ввод в состав комбикормов рапсового и соевого масел, содержащих альфа-линоленовую кислоту, за счёт процессов элонгации и десатурации в тканях радужной форели обеспечил увеличение количества необходимых для питания человека эйкозапентаеновой и докозагексаеновой жирных кислот.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы были соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках Государственного задания Росрыболовства № 076–00007–22–00.

ЛИТЕРАТУРА

- Гладышев М.И. 2021. Наземные источники полиненасыщенных жирных кислот для аквакультуры // Вопросы ихтиологии. Т. 61. № 4. С. 471–485. DOI: 10.31857/S0042875221030048.
- Новожен Н.П. 2010. Развитие форелеводства в России в современных условиях и селекционно-племенная работа (аналитические аспекты) // Научные основы сельскохозяйственного рыбководства: состояние и перспективы развития. М.: ВНИИР Россельхозакадемии. С. 74–120.
- Молчанова К.А., Хрусталева Е.И. 2017. Сравнение морфометрических показателей у производителей радужной форели, выращиваемых в УЗВ // Рыбное хозяйство. № 3. С. 91–94.
- Остроумова И.Н. 2012. Биологические основы кормления рыб. СПб: Изд-во «Лема». 564 с.
- Панов В.П., Лавровский В.В., Есавкин Ю.И. 1991. Химический состав мышечной ткани и пищевая ценность радужной форели при разных сроках реализации // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. № 5. С. 167–173.
- Поддубная И.В., Котельникова Е.А. 2017. Товарные качества радужной форели при использовании в кормлении йодированных дрожжей // Актуальные вопросы производства продукции животноводства и рыбководства. Мат. Межд. науч.-практ. конф., 02–03 марта 2017 года. Саратов: СГАУ им. Н.И. Вавилова. С. 225–230.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая пром-ть. 96 с.
- Соколов А.В., Дворянинова О.П. 2019. Оценка эффективности производственного корма для радужной форели // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. № 3. С. 53–62.
- Титарев Е.Ф. 2007. Холодноводное форелеводство. М.: Пищевая пром-ть. 280 с.
- Щербина М.А., Гамыгин Е.А. 2006. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. М.: Изд-во ВНИРО, 360 с.
- Barry K., Trushenski J. 2019. Reevaluating Polyunsaturated Fatty Acid Essentiality in Rainbow Trout // North American J. of Aquaculture. V. 82. DOI: 10.1002/naaq.10133.
- Gesto M., Madsen L., Andersen N.R., Kertaoui N.E., Kestemont P., Jokumsen A., Lund I. 2021. Early performance, stress- and disease-sensitivity in rainbow trout fry (*Oncorhynchus mykiss*) after total dietary replacement of fish oil with rapeseed oil. Effects of EPA and DHA supplementation // Aquaculture. V. 536. P. 736446. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736446>
- Lima B.T.M., Takahashi N.S., Tabata Y.A., Hattori R.S., Ribeiro C., Moreira R.G. 2019. Balanced omega-3 and -6 vegetable oil of Amazonian sacha inchi act as LC-PUFA precursors in rainbow trout juveniles: Effects on growth and fatty acid biosynthesis // Aquaculture. V. 509. P. 236–245. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.05.004>
- Nasopoulou C., Zabetakis I. 2012. Benefits of fish oil replacement by plant originated oils in compounded fish feeds. A review // LWT – Food Science and Technology. V. 47, Is. 2. P. 217–224. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.01.018>
- Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. 2011. // Washington DC: The National Academies Press. 376 p.
- Sales J., Glencross B. 2011. A meta-analysis of the effects of dietary marine oil replacement with vegetable oils on growth, feed conversion and muscle fatty acid composition of fish species // Aquaculture Nutrition. V.17: P. 271–287. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00761.x>
- Sargent J., Bell G., McEvoy L., Tocher D., Estevez A. 1999. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish // Aquaculture. V. 177. P. 191–199.
- Tacon A.G.J., Metian M. 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects // Aquaculture. V. 285. P. 146–158.
- Tocher D.R. 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish // Reviews in Fisheries Science. V. 11. P. 107–184.
- Tocher D.R., Betancor M.B., Sprague M., Olsen R.E., Napier J.A. 2019. Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids, EPA and DHA: bridging the gap between supply and demand // Nutrients. V. 11. P. 89. <https://doi.org/10.3390/nu11010089>

- Trushenski J., Schwarz M., Bergman A., Rombenso A.N., Delbos B. 2012. DHA is essential, EPA appears largely expendable, in meeting the n-3 long-chain polyunsaturated fatty acid requirements of juvenile cobia *Rachycentron canadum* // *Aquaculture*. V. 326–329. P. 81–89. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.11.033>
- Turchini G.M., Francis D.S., Keast R.S.J., Sinclair A.J. 2011. Transforming salmonid aquaculture from a consumer to a producer of long chain omega-3 fatty acids // *Food Chem.* V. 124. P. 609–614. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.083>
- Turchini G.M., Hermon K.M., Francis D.S. 2018. Fatty acids and beyond: Fillet nutritional characterisation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed different dietary oil sources // *Aquaculture*. V. 491. P. 391–397 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.11.056>
- Turchini G.M., Torstensen B.E., Ng W.K. 2009. Fish oil replacement in finfish nutrition // *Reviews in Aquaculture*. V. 1. P. 10–57. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2008.01001.x>
- Yıldız M., Eroldoğan T.O., Ofori-Mensah S., Engin K., Ali Baltacı M. 2018. The effects of fish oil replacement by vegetable oils on growth performance and fatty acid profile of rainbow trout: Re-feeding with fish oil finishing diet improved the fatty acid composition // *Aquaculture*. V. 488. P. 123–133. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.12.030>
- REFERENCES**
- Gladyshev M.I. 2021. Terrestrial sources of polyunsaturated fatty acids for aquaculture // *Journal of Ichthyology*. V. 61. № 4. P. 632–645 (In Russ.).
- Novozhenov N.P. 2010. Development of trout breeding in Russia in modern conditions and breeding work (analytical aspects) // *Scientific foundations of agricultural fish farming: state and prospects of development*. Moscow: All-Russian Scientific Research Institute of Irrigation Fish Farming. P. 74–120 (In Russ.).
- Molchanova K.A., Khrustal'ov E.I. 2017. Comparison of CWF-grown rainbow trout morphometric indicators // *Fish Industry (Rybnoe Khozaystvo)*. № 3. P. 91–94 (In Russ.).
- Ostroumova I.N. *Biological basis for fish nutrition*. SPb, Lema. 564 p. (In Russ.).
- Panov V.P., Lavrovskiy V.V., Esavkin Yu. I. 1991. Chemical composition of muscle tissue and nutritional value of rainbow trout at different terms of sale // *Izvestiya Timiryazevskaya Agricultural Academy*. № 5. P. 161–173 (In Russ.).
- Poddubnaya I.V., Kotelnikova E.A. 2017. Marketable quality of rainbow trout fed with iodized yeast // *Topical issues of animal husbandry and fish farming: Materials of the International Scientific and Practical Conference, 02–03 March 2017*. Saratov: SSAU named after N.I. Vavilov. P. 225–230 (In Russ.).
- Pravdin I.F. 1966. *Manual for fish study* Pishchevaya Promyshlennost', Moscow. 96 p. (In Russ.).
- Sokolov A.V., Dvoiyaninova O.P. 2019. Evaluation of the efficiency of the production feed for rainbow trout // *Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex – healthy food products*. № 3. P. 53–62 (In Russ.).
- Shcherbina M.A., Gamygin E.A. 2006. *Fish feeding in freshwater aquaculture* VNIRO Publishing, Moscow. 360 p. (In Russ.).
- Titarev E.F. 2007. *Coldwater trout farming*. Pishchevaya Promyshlennost', Moscow. 280 p. (In Russ.).
- Barry K., Trushenski J. 2019. Reevaluating Polyunsaturated Fatty Acid Essentiality in Rainbow Trout // *North American J. of Aquaculture*. V. 82. DOI: 10.1002/naaq.10133.
- Gesto M., Madsen L., Andersen N.R., Kertaoui N.E., Kestemont P., Jokumsen A., Lund I. 2021. Early performance, stress- and disease-sensitivity in rainbow trout fry (*Oncorhynchus mykiss*) after total dietary replacement of fish oil with rapeseed oil. Effects of EPA and DHA supplementation // *Aquaculture*. V. 536. P. 736446. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736446>
- Lima B.T.M., Takahashi N.S., Tabata Y.A., Hattori R.S., Ribeiro C., Moreira R.G. 2019. Balanced omega-3 and -6 vegetable oil of Amazonian sacha inchi act as LC-PUFA precursors in rainbow trout juveniles: Effects on growth and fatty acid biosynthesis // *Aquaculture*. V. 509. P. 236–245. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.05.004>
- Nasopoulou C., Zabetakis I. 2012. Benefits of fish oil replacement by plant originated oils in compounded fish feeds. A review // *LWT – Food Science and Technology*. V. 47, Is. 2. P. 217–224. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.01.018>
- Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*. 2011. // Washington DC: The National Academies Press. 376 p.
- Sales J., Glencross B. 2011. A meta-analysis of the effects of dietary marine oil replacement with vegetable oils on growth, feed conversion and muscle fatty acid composition of fish species // *Aquaculture Nutrition*. V.17: P. 271–287. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00761.x>
- Sargent J., Bell G., McEvoy L., Tocher D., Estevez A. 1999. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish // *Aquaculture*. V. 177. P. 191–199.
- Tacon A.G.J., Metian M. 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects // *Aquaculture*. V. 285. P. 146–158.
- Tocher D.R. 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish // *Reviews in Fisheries Science*. V. 11. P. 107–184.
- Tocher D.R., Betancor M.B., Sprague M., Olsen R.E., Napier J.A. 2019. Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids, EPA and DHA: bridging the gap between supply and demand // *Nutrients*. V. 11. P. 89. <https://doi.org/10.3390/nu11010089>
- Trushenski J., Schwarz M., Bergman A., Rombenso A.N., Delbos B. 2012. DHA is essential, EPA appears largely expendable, in meeting the n-3 long-chain polyunsaturated fatty acid requirements of juvenile cobia *Rachycentron canadum* // *Aquaculture*. V. 326–329. P. 81–89. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.11.033>
- Turchini G.M., Francis D.S., Keast R.S.J., Sinclair A.J. 2011. Transforming salmonid aquaculture from a consumer to a producer of long chain omega-3 fatty acids // *Food Chem.* V. 124. P. 609–614. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.06.083>

Turchini G.M., Hermon K.M., Francis D.S. 2018. Fatty acids and beyond: Fillet nutritional characterisation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed different dietary oil sources // *Aquaculture*. V. 491. P. 391–397 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.11.056>

Turchini G.M., Torstensen B.E., Ng W.K. 2009. Fish oil replacement in finfish nutrition // *Reviews in Aquaculture*. V. 1. P. 10–57. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2008.01001.x>

Yıldız M., Eroldoğan T.O., Ofori-Mensah S., Engin K., Ali Baltacı M. 2018. The effects of fish oil replacement by vegetable oils

on growth performance and fatty acid profile of rainbow trout: Re-feeding with fish oil finishing diet improved the fatty acid composition // *Aquaculture*. V. 488. P. 123–133. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.12.030>

*Поступила в редакцию 20.12.2021 г.
Принята после рецензии 29.04.2022 г.*



Среда обитания водных биологических ресурсов

Трендовые изменения температуры воды в придонном слое Баренцева моря в летний сезон 2004–2019 гг.

В.А. Ившин

Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), ул. Академика Книповича, 6, г. Мурманск, 183038
E-mail: ivshin@pinro.ru

Цель работы: определить на акватории Баренцева моря участки, где происходили статистически значимые трендовые изменения температуры воды в придонном слое в период 2004–2019 гг.

Используемые методы: проведен анализ временных рядов температуры воды в придонном слое на наличие в их структуре трендовых составляющих, в узлах регулярной сетки с шагом 10' по меридиану и 30' по параллели. Выполнен расчёт корреляционных связей с рядом гидрометеорологических параметров.

Новизна: на основе данных наблюдений 2004–2019 гг. в придонном слое Баренцева моря выявлены участки со значимыми тенденциями изменений температуры воды, рассчитаны величины трендовых составляющих.

Результат: в период рассматриваемых лет в центральной и южной частях Баренцева моря в придонном слое отсутствуют значимые трендовые изменения температуры воды. Вблизи западной границы арх. Новая Земля выявлена область положительных трендов, где происходит рост температуры на 0,1–0,2 °C/год. В северной части моря выделена акватория убывающих (на 0,1–0,2 °C/год) трендов температуры воды.

Практическая значимость: величины трендовых составляющих позволяют судить о темпах изменений температуры воды в придонном слое, анализировать особенности межгодовых колебаний температуры воды, рассматривать возможное влияние на отдельные звенья экосистемной цепи.

Ключевые слова: Баренцево море, температура воды, придонный слой, тренды.

Water temperature trends in the bottom layer of the Barents Sea in the summer season for the period 2004–2019

Victor A. Ivshin

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

The aim: to determine the areas in the Barents Sea where the most significant changes in water temperature in the bottom layer occurred over the last 15 years.

Methods used: analysis of time series of water temperature in the bottom layer to identify trends in their structure, at grid nodes with steps of 10' in latitude and 30' in longitude; calculation of correlations with hydro-meteorological parameters.

Novelty: areas with significant trends in water temperature in the bottom layer of the Barents Sea were identified on the basis of observations for 2004–2019, and trend coefficients were calculated.

Result: for the investigated period, there were no significant changes in water temperature in the bottom layer in the central and southern parts of the Barents Sea. The area of positive trends was found off the western coast of the Novaya Zemlya Archipelago, with an increase in temperature by 0.1–0.2 °C per year. In the northern part of the sea, the area of decreasing trends in water temperature (by 0.1–0.2 °C per year) was identified.

Practical significance: trend coefficients make it possible to estimate rates of changes in water temperature in the bottom layer, analyze features of year-to-year variability of water temperature, and consider the possible impact on ecosystem components.

Keywords: Barents Sea, water temperature, bottom layer, trends.

ВВЕДЕНИЕ

Баренцево море относится к окраинным арктическим морям, и одной из главных его особенностей является широкомасштабное поступление атлантических вод через западную границу. Усиленная адвекция тепла течениями, отмечающаяся в период последних лет [Watelet et al., 2020; Asbjornsen et al., 2020], оказывает влияние на многие геофизические процессы, происходящие в Арктике [Lind et al., 2018]. Повышенный пере-

нос атлантических вод приводит к тому, что в последние десятилетия в арктическом регионе отмечается общее уменьшение ледяного покрова во все климатические сезоны года [Cavalieri, Parkinson, 2012; Årthun et al., 2019], изменяется баланс тепловой энергии [Lee et al., 2017], особенности атмосферной [Ogawa et al., 2018] и океанической [Sévellec et al., 2017] циркуляций, а также функционирование экосистемы в целом [Loeng, Drinkwater, 2007; Årthun et al., 2018].

Температура воды в деятельном слое Баренцева моря сильно меняется в течение нескольких последних десятилетий [Levitus et al., 2009; Boitsov et al., 2012]. В среднем она была относительно низкой в начале прошлого века и в 1970-х гг., её повышенные значения отмечались в 1930–50-х гг. и в 1990-е гг. Температура на глубине 100–150 м повысилась примерно на 4 °C с конца 1970-х до конца 2000–2010-х гг. [Levitus et al., 2009]. В последние десятилетия отмечается повышение теплосодержания вод на входе в Баренцево море (в среднем на 1 °C), что обусловлено усилением адвективного переноса тепла течениями [Skagseth et al., 2008; Årthun et al., 2012]. В целом, не смотря на то, что изменчивость температуры воды в Баренцевом море имеет относительно сложный частотный спектр колебаний, тем не менее в его структуре проявляется выраженный положительный тренд [Boitsov et al., 2012].

Значительные изменения температуры воды в последние годы также фиксируются в придонном слое Баренцева моря. У дна существенно сокращаются участки моря, занятые водами с отрицательными температурами. Так, от начала 2000-х к концу 2010-х гг. площадь с придонными значениями температуры ниже 0 °C сократилась в несколько раз, а в их межго-

довой изменчивости прослеживается выраженный убывающий тренд [Карсаков и др., 2018].

Изучение трендов температуры воды является актуальным в настоящее время. В период значительных изменений климатических условий необходимо учитывать реакцию экосистемы на тепловое воздействие, иметь представление о географическом положении зон, где оно проявляется наиболее ярко, и знать количественные его характеристики. Одним из способов оценки межгодовых флуктуаций теплосодержания вод является изучение изменчивости трендовой составляющей в колебаниях температуры воды. Данный показатель позволяет количественно оценить интенсивность протекающих процессов и имеет прогностическую ценность.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовались данные температуры воды придонного слоя, которые были получены во время проведения океанографических наблюдений в совместных российско-норвежских экосистемных съёмках в Баренцевом море и прилегающих водах Северного Ледовитого океана за период 2004–2019 гг., проводимых ежегодно в августе-сентябре совместно специалистами Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО»

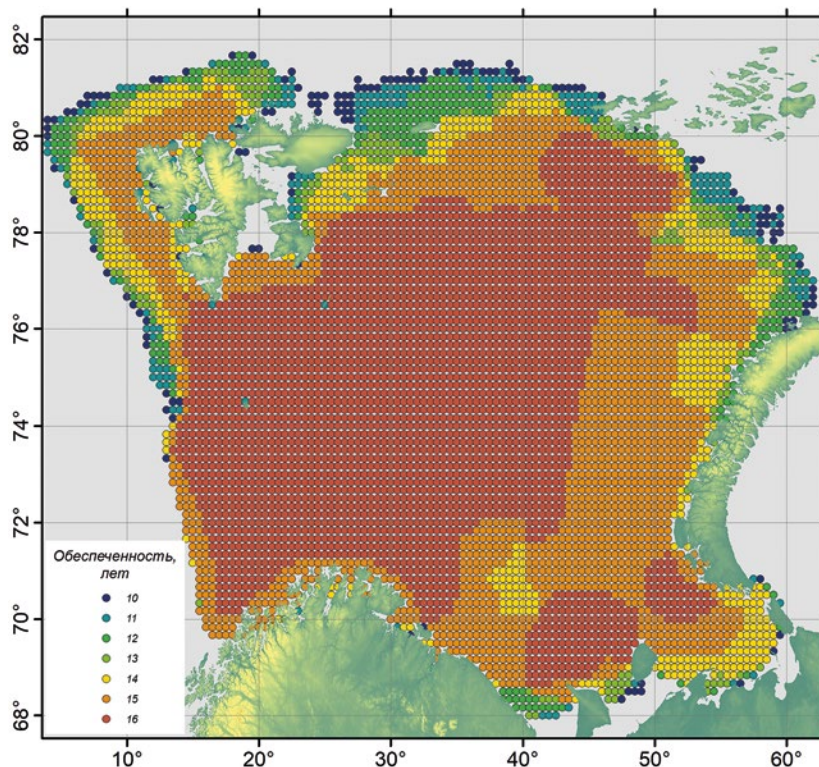


Рис. 1. Положение узлов сетки с разными длинами рядов температуры (°C) воды в придонном слое в августе-сентябре 2004–2019 гг.

Fig. 1. Location of grid nodes with different lengths of water temperature (°C) series in the bottom layer in August-September 2004–2019

и Института морских исследований (г. Берген, Норвегия). В этот период года море максимально открыто ото льда, и сетка съёмки достаточно плотно покрывает его станциями наблюдений. Несмотря на то, что сроки работ достаточно жёсткие, тем не менее присутствуют межгодовые вариации в датах точек наблюдений. Анализ связи между полученными данными и приведёнными на одну дату в точках наблюдений показал тесную связь ($r > 0,9$) между ними [Ellingsen et al., 2020], что позволяет пренебречь этой разницей.

На основании собранных данных для каждого года проводилась интерполяция придонной температуры воды в узлы сетки с шагом $10'$ по меридиану и $30'$ по параллели. Расчёт значений в узлах регулярной сетки осуществлялся методом триангуляции с линейной интерполяцией, реализованным в среде Surfer.¹ Построенные поля обобщались, и в узлах одноименных точек формировались временные ряды температуры воды в придонном слое. К анализу привлекались узлы расчётной сетки, с длиной ряда, как минимум, 10 лет (рис. 1).

Как видно из приведённого выше рисунка, большая часть акватории моря имеет обеспеченность данными, длиной временного ряда океанографических наблюдений продолжительностью 14–16 лет.

Для каждого узла регулярной сетки (x, y) придонной температуры воды были определены параметры уравнения линейного тренда. Его статистическая достоверность определялась по величине выборочного коэффициента корреляции (извлечение квадратного корня из коэффициента детерминации) для $p < 0,05$ и $n = 10 \div 16$ (табл. 1).

Таблица 1. Критические значения выборочного коэффициента корреляции

Table 1. Critical values of the sample correlation coefficient

Число степеней свободы, $n-2$	Уровни значимости, $p=0,05$
8	0,632
9	0,602
10	0,576
11	0,553
12	0,532
13	0,514
14	0,497

Статистическая значимость тренда для анализируемых временных рядов основывалась на превышении

величины критического значения R^2 , характеризующего его вклад в дисперсию исходных данных.

Одними из показателей активности атмосферной циркуляции являются циклоны, прохождение которых характеризуется резким изменением значений ряда метеозлементов: атмосферного давления, температуры воздуха, осадков, усиления скорости ветра и пр. Кроме того, циклоны играют важную роль в формировании атмосферных процессов, они отвечают за перенос тепла и влаги и тесно связаны с опасными явлениями погоды. Увеличение количества штормовых дней может повлиять на величину переноса тёплых атлантических вод в Баренцево море [Skagseth et al., 2008] и отразиться на повышении теплосодержания вод в целом, а также общем тепловом балансе системы океан–атмосфера, в частности. Изменчивость циклонической активности атмосферной циркуляции косвенно оценивалась по суммарному количеству штормовых (с ветром 15 м/с и более) дней за год в западной, центральной и восточной частях Баренцева моря для периода 2004–2019 гг., по данным, предоставленным ФГБУ «Мурманское УГМС».

Учёт влияния ледовых условий основывался на данных по ледовитости Баренцева моря, также предоставленных ФГБУ «Мурманское УГМС». В работе рассматривались ряды её среднемесячных значений за июль (период максимального таяния полей льда в Баренцевом море) для периода 2004–2019 гг.

Оценка теплового состояния вод моря проводилась на основе средневзвешенных значений температуры воды на разрезе «Кольский меридиан»² в апреле на станциях 3–7 (участок $70^\circ 30' - 72^\circ 30'$ с. ш. и $33^\circ 30'$ в. д.) в слое 0–200 м, во время сезонного минимума (апрель) в период 2004–2019 гг.

Межгодовые колебания температуры приземного воздуха³ оценивались на данных наблюдений на метеорологических станциях Канин Нос ($68^\circ 39'$ с. ш. и $43^\circ 18'$ в. д.) и Свальбард (арх. Шпицберген) ($78^\circ 15'$ с. ш. и $15^\circ 30'$ в. д.), расположенных в юго-восточной и северо-западной частях моря, соответственно.

Для количественных показателей динамики вод Баренцева моря привлекались данные расчётов гидродинамической модели, предоставленные Трофимовым А.Г., характеризующие расходы вод в сечении основных ветвей тёплых и холодных течений от поверхности до дна [Трофимов, 2000].

² Разрез «Кольский меридиан». Доступно через: <http://www.pinro.ru/labs/hid/kolsec22.php> 24.01.2022.

³ Погода и климат. Доступно через: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/22165.htm>. 24.01.2022.

¹ Surfer 8. User's Guide. 2002. Contouring and 3D Surface Mapping for Scientist and Engineers. Golden Software Inc., 640 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В узлах сетки с обеспеченностью данными не менее чем за десять лет для температуры воды придонного слоя Баренцева моря было рассчитано более 6000 уравнений линейного тренда. Проведённый анализ параметра скорости изменения температуры воды во времени показал, что на большей части акватории моря (преимущественно, в его центральной области) статистически значимых трендов в рассматриваемый период не существует, тем не менее любой новый член ряда может оказать существенное влияние на тенденцию изменчивости. Области значимых трендов, определённых по величине коэффициента детерминации с учётом длины ряда в узлах сетки, представлены на рис. 2.

Картирование трендовых составляющих (коэффициентов b_1) на акватории моря выявило достаточно неоднородную их структуру как в значениях, так и по знаку (рис. 3).

В целом, всю рассматриваемую область исследований можно условно разделить на четыре района:

– запад – район с высокими (более $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$) положительными трендами, наблюдаемыми на свале глубин;

– центр – обширная область по протяжению как с севера на юг, так и с запада на восток, с не значимыми значениями трендов;

– восток – прилегающие акватории западного побережья архипелага Новая Земля, а также северная часть Канино-Печорского региона, где отмечаются положительные тренды со значениями $0,1\text{--}0,2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$;

– север – локальная область между архипелагами Шпицберген и Земля Франца-Иосифа, где отмечаются отрицательные тренды ($0,1\text{--}0,2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$) в изменениях температуры воды в придонном слое.

Представленная область в западной части Баренцева моря, располагающаяся на свале глубин, была исключена из рассмотрения, т. к. на её образование в значительной мере может оказывать влияние топографический эффект в случаях, когда к одному узлу в разные годы привязаны станции, имеющие существенные различия по глубине наблюдений.

Выявленные значимые участки трендов были локализованы в двух основных областях, одна из которых располагалась в восточной части Баренцева моря, в зоне влияния вод Новоземельского течения и течения Литке, где отмечался рост значений температуры на $0,12\text{--}0,18\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$, а другая – в районе

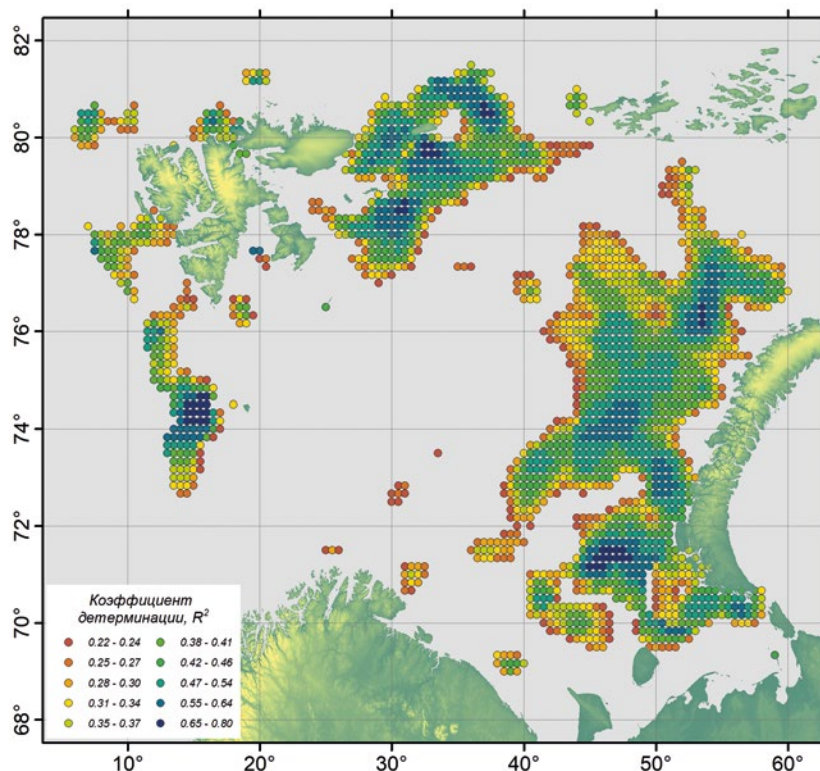


Рис. 2. Распределение коэффициентов детерминации (R^2) изменения температуры воды в придонном слое в августе-сентябре 2004–2019 гг. Серым цветом отмечены участки не значимых корреляций

Fig. 2. Distribution of determination coefficients (R^2) for changes in water temperature in the bottom layer in August-September 2004–2019. Areas with insignificant correlations are marked in grey

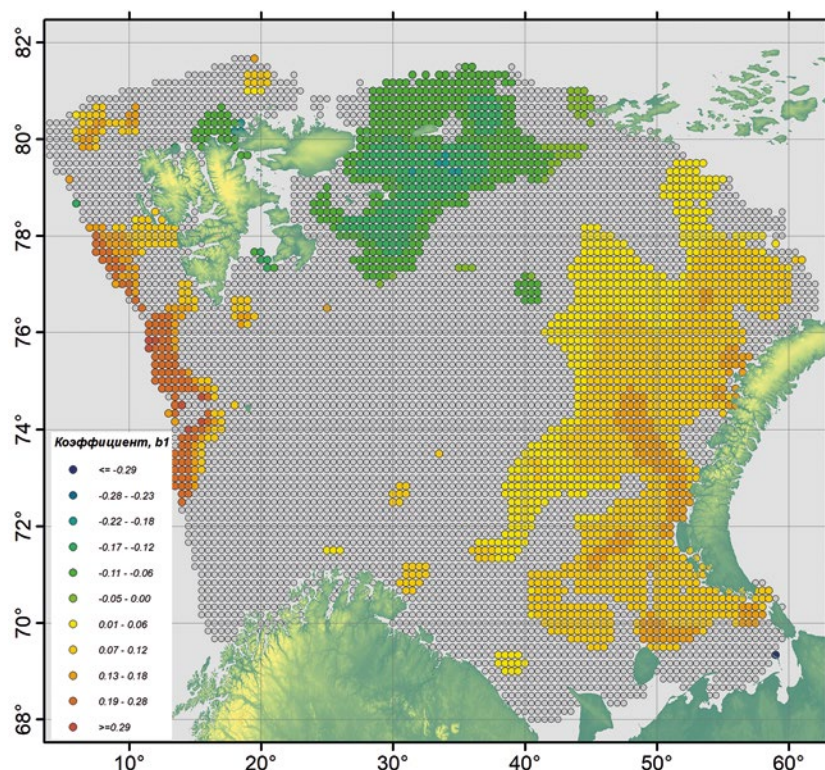


Рис. 3. Распределение коэффициентов линейного тренда температуры воды в придонном слое в августе-сентябре для периода 2004–2019 гг.

Fig. 3. Distribution of coefficient linear trends in water temperature near the bottom in August-September 2004–2019

между архипелагами Шпицберген и Земля Франца-Иосифа, где температура воды значимо уменьшалась в пределах 0,05–0,19 °C/год.

Осреднённые значения температуры воды в областях значимых положительных (восточнее 40° в. д.) и отрицательных (севернее 76° с. ш.) трендов представлены на рис. 4.

Как видно из приведённых графиков температура воды значимо уменьшалась со временем (в среднем на 0,11 °C/год) в северных областях, где на трендовую составляющую приходилось более 57% общей дисперсии. На востоке моря отмечался межгодовой

прирост температуры воды (в среднем на 0,08 °C/год), на тренд приходилось почти 50% общей дисперсии.

ОБСУЖДЕНИЕ

Региональные особенности Баренцева моря представляют собой сложный механизм взаимодействия отдельных гидрометеорологических факторов, где изменения характеристик одного или нескольких процессов приводят к инерционному отклику в других. Изменения температуры воды в Баренцевом море во многом определяются колебаниями теплового баланса между горизонтальным переносом тепла течения-

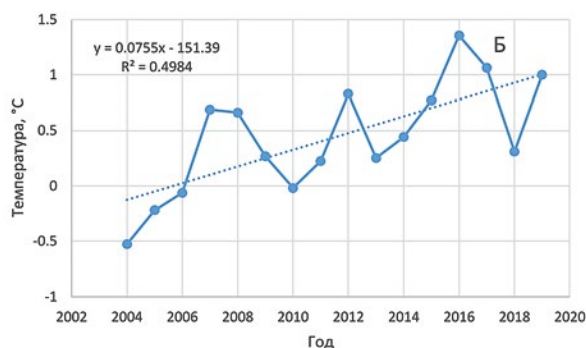
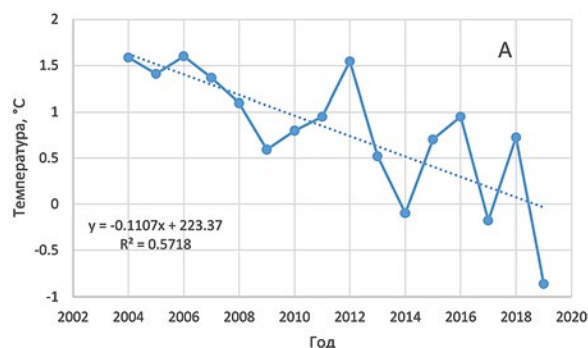


Рис. 4. Межгодовая изменчивость температуры воды в придонном слое на севере (А) и востоке (Б) акватории исследований

Fig. 4. Interannual variability of water temperature in the bottom layer in the north (A) and east (B) of the study area

ми, его отдачей в атмосферу, а также солнечной радиацией [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1990].

Атмосферная циркуляция играет важную роль в глобальном энергетическом балансе, перераспределяя тепло и влагу среди регионов. В североатлантическом секторе основная часть переноса влаги и тепла в Арктику осуществляется циклонами [Sorteberg, Walsh, 2008; Dufour et al., 2016]. Одной из особенностей последних лет является увеличение количества штормовых дней с наибольшим их приростом в северо-, северо-восточной частях Баренцева моря [Long, Perrie, 2017].

Увеличение количества дней с циклоническим характером барического поля над Баренцевым морем в последние годы приводит к росту повторяемости штормов, которые достаточно чётко прослеживаются в западной, центральной и восточной частях Баренцева моря (рис. 5).

Наиболее ощутимый среднегодовой прирост (50 дней / 10 лет) количества штормовых дней отмечается в восточной части Баренцева моря, где колебания этого параметра изменились от 100 дней/год в начале рассматриваемого периода до более 160 дней/год в конце.

В арктических морях в период последних лет отмечаются рекордные значения температуры приводного слоя атмосферы [Comiso, Hall, 2014]. По данным метеорологической станции Канин Нос, расположенной в восточной части Баренцева моря на одноименном мысе, и станции Свальбард (арх. Шпицберген), наблюдается рост среднегодовой температуры воздуха

с абсолютным максимумом в 2016 г. за весь период наблюдений, начиная с 1915 г. (рис. 6).

Наиболее выраженный тренд температуры воздуха отмечается в северной части моря на станции Свальбард, на долю которого приходится около 20% общей изменчивости. При этом, в среднем, межгодовой прирост значений температуры воздуха составляет 0,11 °C/год.

Последствия продолжающегося потепления климата в Арктике, в основном, связаны с быстрым уменьшением площади морского льда в последние несколько десятилетий, которое, по многочисленным климатическим моделям, сохранится на протяжении всего двадцать первого века [Ding et al., 2017]. Ледовитость в Баренцевом море имеет высокую межгодовую (рис. 7) и сезонную изменчивость и может отличаться год от года в несколько раз [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1990].

Несмотря на общее уменьшение ледового покрова в Баренцевом море, выраженных трендов в рассматриваемый период в среднемесячных и среднегодовых рядах данных ледовитости не прослеживается. Относительно выраженный тренд этого параметра (вклад в общую дисперсию около 24%) сохраняется только в июле, в другие месяцы года, как правило, он не превышает 5%.

Отличительной особенностью динамики вод Баренцева моря является наличие на его акватории потоков тёплых атлантических и холодных арктических вод. Колебания общего переноса атлантических вод, их температуры и солёности оказывают влияние

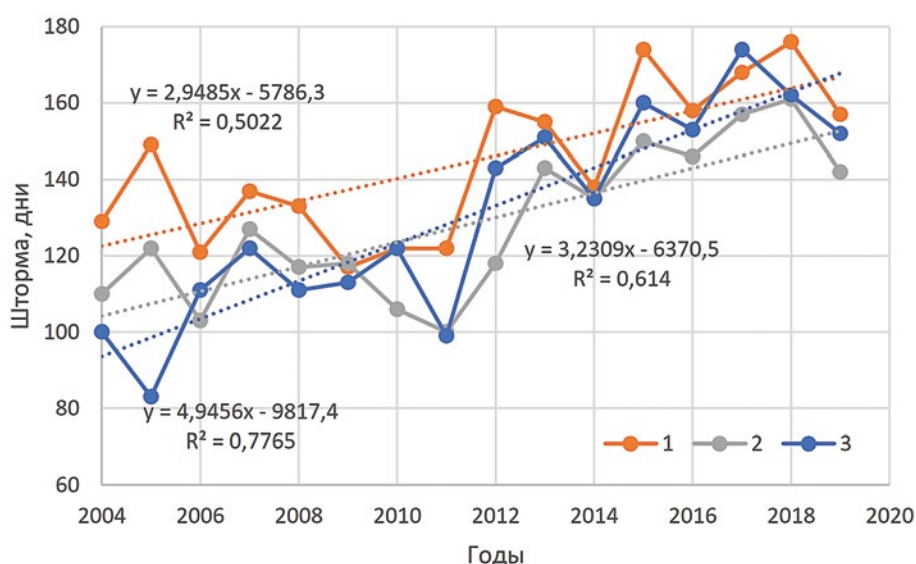


Рис. 5. Суммарное за год количество штормовых дней в западной (1), центральной (2) и восточной (3) частях Баренцева моря

Fig. 5. Annual number of storm days in the western (1), central (2) and eastern (3) Barents Sea

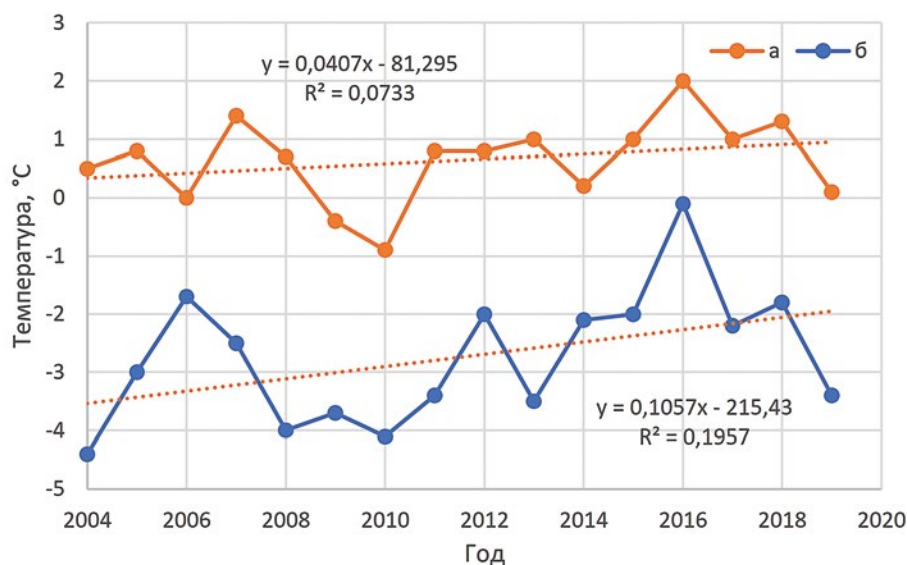


Рис. 6. Среднегодовая температура воздуха (°C) на метеорологических станциях Канин Нос (а) и Свальбард (б) в 2004–2019 гг.

Fig. 6. Monthly mean air temperature (°C) at the Kanin Nos meteorological station in April 2004–2019

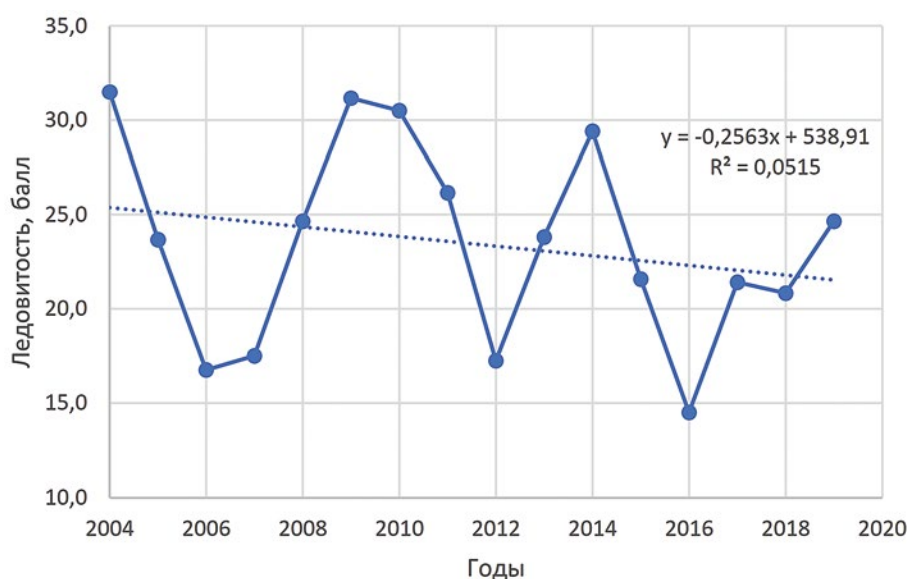


Рис. 7. Изменение среднегодовой ледовитости (балл) Баренцева моря в период 2004–2019 гг.

Fig. 7. Changes in the annual mean ice coverage (point) of the Barents Sea for the period 2004–2019

на океанографические условия не только Баренцева моря, но и всего Арктического бассейна в целом, и связаны с крупномасштабными процессами в атмосфере. Водообмен с арктическим бассейном, в основном, происходит через северную границу моря, при этом в Баренцево море поступают холодные, распреснённые воды [Ожигин и др., 2016].

Оценка динамических условий в сентябре (период максимальной интенсивности циркуляции вод [Гидрометеорология и гидрохимия..., 1990]) 2004–2019 гг. проводилась в восточной части моря в грани-

цах Новоземельского (74°20' с. ш., 45–54° в. д.) и в западной — на участках Медвежинского (74°20' с. ш., 20–25° в. д.) течений. Анализ данных не показал наличия значимых трендов в объёме расходов вод через данные сечения (рис. 8).

Из приведённого рис. 8 видно, что интенсивность Медвежинского течения в рассматриваемый период в среднем (на –0,02 Св) была ниже нормы, т. е. перенос арктических вод через акваторию моря был ослабленным. Перенос вод атлантического происхождения, на рассматриваемом участке

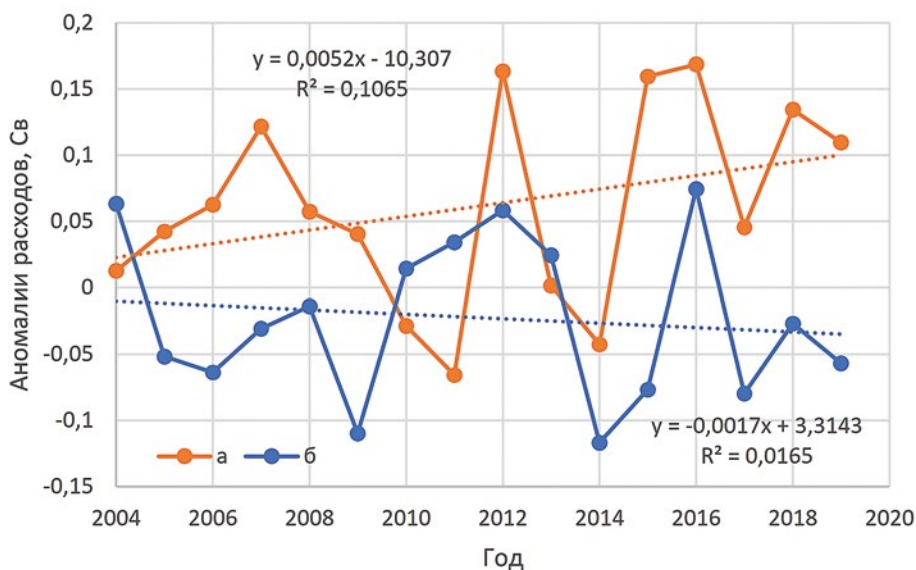


Рис. 8. Аномалии расходов вод (Св) в сентябре на участках Новоземельского (а) и Медвежинского (б) течений

Fig. 8. Anomalies of water fluxes (Sv) in the Novaya Zemlya (a) and Bear Island (b) currents in September

Новоземельского течения, превосходил на 0,06 Св среднееголетние значения. В межгодовой динамике изменчивости расходов вод на этом участке присутствовал слабовыраженный положительный тренд, на долю которого приходилось около 11% общей изменчивости.

С начала 1990-х гг. в Баренцевом море отмечается потепление вод. По данным наблюдений на разрезе «Кольский меридиан» с 2000-х гг. температура воды деятельного слоя (0–200 м) превышала среднеего-

голетние значения, с пиком среднегодовых показателей в 2012 и 2016 гг. [Трофимов и др., 2018].

Анализ изменчивости температуры воды в период сезонного минимума в слое 0–200 м на 3–7 станциях разреза «Кольский меридиан» показал наличие незначительного положительного тренда в рассматриваемые годы (рис. 9).

Согласно полученным расчётам, на долю трендовой составляющей приходится около 11% общей изменчивости представленного временного ряда тем-

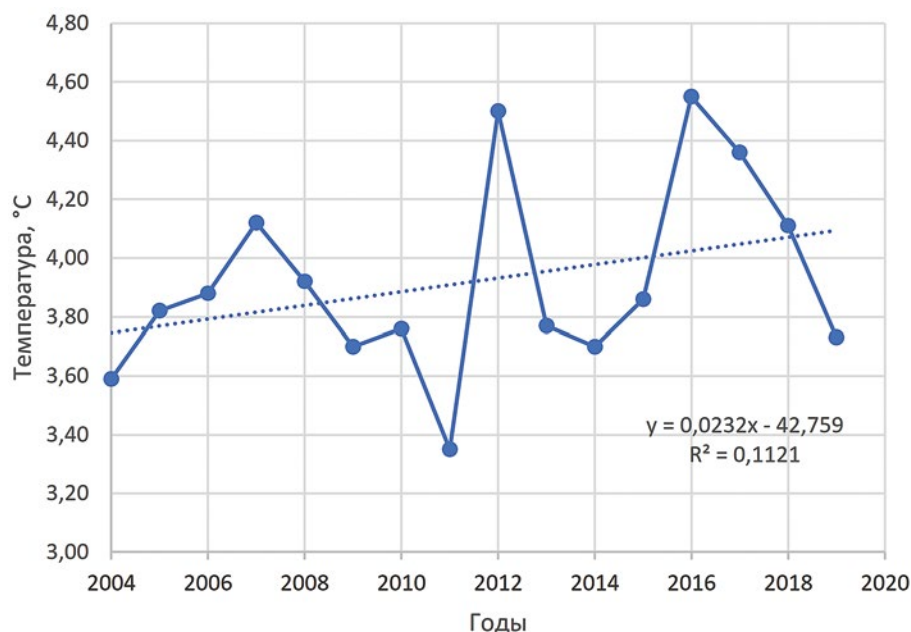


Рис. 9. Температура воды (°C) на 3–7 станциях разреза «Кольский меридиан» в слое 0–200 м в апреле в 2004–2019 гг.

Fig. 9. Water temperature (°C) in the 0–200 m layer at stations 3–7 of the Kola Section in April 2004–2019

пературы воды. Как видно из приведённого графика, в последние три года происходит снижение (на 0,8 °C) термического содержания вод, что в свою очередь отражается на ослаблении трендовой составляющей.

Вероятно, особенности изменчивости рассмотренных характеристик среды (шторма, ледовые условия, температура воды и воздуха, интенсивность течений) являются потенциальными факторами, влияющими на образование зон с выраженными трендами температуры воды в придонном слое.

В ходе расчётов были получены количественные оценки связи на основе коэффициентов парной корреляции (табл. 2) между переменными, представленными на рис. 4 (изменение температуры в областях положительных/отрицательных трендов), и параметрами среды (см. рис. 5–9).

Таблица 2. Коэффициенты корреляции между температурой воды в придонном слое на участках негативных (T_-) и позитивных (T_+) трендов и параметрами среды, представленными на рис. 5–9. Жирным шрифтом отмечены значимые коэффициенты корреляции ($n=16, p<0,05$)

Table 2. Correlation coefficients between water temperature in the bottom layer in the areas with negative (T_-) and positive (T_+) trends and environmental parameters shown in Fig. 5–9. Significant correlation coefficients are marked in bold type ($n=16, p<0,05$)

Параметр	T_-	T_+
Шторма, запад	-0,321	0,547
Шторма, центр	-0,575	0,709
Шторма, восток	-0,560	0,587
Температура воздуха на ст. Канин нос	0,167	0,475
Температура воздуха на ст. Свальбард	-0,021	0,565
Среднегодовая ледовитость моря	-0,253	-0,547
Расход вод Новоземельское течение	0,118	0,583
Расход вод Медвежинское течение	0,476	-0,040
Температура воды на разрезе «Кольский меридиан», апрель	0,106	0,653

На картах распределения показателя трендовой скорости изменения температуры воды (см. рис. 3) в придонном слое отчётливо прослеживаются две области: положительная — в восточной части моря и отрицательная — на севере между архипелагами Шпицберген и Земля Франца-Иосифа. На формирование первой (положительной) значимое влияние могут оказывать практически все рассмотренные параметры, за исключением расходов вод в плоскости холодного Медвежинского течения. В выделенных областях положительных трендов отмечаются ежегодные приро-

сты значений температуры воды в придонном слое, которые могут достигать 0,2 °C/год и более.

Большая область отрицательных трендов сосредоточена на участке 78–81° с. ш. и 25–40° в. д. В целом, мелководная шельфовая зона к востоку от архипелага Шпицберген является районом формирования арктических глубоководных и промежуточных вод в Баренцевом море [Haarpaintner et al., 2001].

Несмотря на общее повышение теплового фона вод Баренцева моря, на этой акватории происходит достаточно ощутимое понижение температуры, которое в придонном слое может составлять 0,10–0,15 °C/год. Температура воды в северной части моря имеет тенденцию к снижению в результате усиленного взаимодействия океан-атмосфера, связанного с уменьшением полей льда [Long, Perrie, 2017]. По данным модельных расчётов [Long, Perrie, 2015], на этих участках за счёт открытой поверхности в атмосферу уходит большое количество тепла, а температура воды приобретает тенденцию к снижению. Кроме того, уменьшение полей морского льда приводит к значительному снижению величины альбедо поверхности, что влияет на увеличение поглощения солнечной радиации летом, но при этом в остальные сезоны года возрастают потери тепла моря за счёт турбулентных потоков тепла и длинноволнового излучения в атмосферу [Long, Perrie, 2017]. Возможно, дефицит льда на севере моря в течении продолжительного времени года сводит к длительному периоду контакта арктических воздушных масс с водной поверхностью, при этом происходит интенсивное охлаждение вод и увеличение их плотности. В периоды относительно холодных лет присутствующий лёд на севере моря является своеобразным изолятором в области взаимодействия воздушных и водных масс. Он принимает на себя основной пресс потока холода из атмосферы, увеличиваясь при этом в вертикальных масштабах, тем самым препятствуя процессам интенсивной конвекции.

Результаты корреляционного анализа (см. табл. 2) для областей отрицательных трендов также косвенно подтверждают выдвинутые предположения. Из всех рассмотренных параметров среды только количество штормовых дней может оказывать влияние на развитие этих областей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в ходе проведённых исследований были выделены области со значимыми трендами в межгодовых изменениях температуры воды придонного слоя. По данным проведённых расчётов область позитивных трендов температуры воды в придонном слое распределяется на участках к западу от архи-

пелага Новая Земля, где отмечается рост значений температуры на 0,12–0,18 °С/год. Негативные тренды (с уменьшением температуры в пределах 0,05–0,19 °С/год) сосредоточены на участке между архипелагами Шпицберген и Земля Франца-Иосифа.

Эти области расположены на участках, отдалённых от основных потоков течений атлантических и арктических вод, где влияние интенсивности циркуляции вод ослабевает. В связи с чем изменение термического фона имеет инерционный характер и происходит в более длительные сроки, чем на участках основных потоков вод.

На участках со значимыми позитивными трендами обнаружена значимая связь с количеством штормов, температурой воздуха и воды, ледовыми условиями, а также динамикой вод в системе тёплых течений. В районах с негативными тенденциями изменения температуры воды значимые, обратные корреляционные связи были обнаружены только с количеством штормовых дней.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания «ПИНРО» им. Н.М. Книповича по теме «Оценка состояния, распределения, численности и воспроизводства водных биологических ресурсов, а также среды их обитания».

ЛИТЕРАТУРА

- Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР*. 1990. Л.: Гидрометеиздат. Т. 1. Вып. 1. 280 с.
- Карсаков А.Л., Трофимов А.Г., Титов О.В. 2018. Основные особенности условий среды в Баренцевом море в 2017 г. // Труды ВНИРО. Т. 173 С. 17–32.
- Ожигин В.К., Ившин В.А., Трофимов А.Г., Карсаков А.Л., Анциферов М.Ю. 2016. Воды Баренцева моря: структура, циркуляция, изменчивость. Мурманск: ПИНРО. 260 с.
- Трофимов А.Г. 2000. Численное моделирование циркуляции вод в Баренцевом море. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 42 с.
- Трофимов А.Г., Карсаков А.Л., Ившин В.А. 2018. Изменения климата в Баренцевом море на протяжении последнего полувека // Труды ВНИРО. Т. 173. С. 79–91.
- Årthun M., Bogstad B., Daewel U., Keenlyside N., Sandø A., Schrum C., Ottersen G. 2018. Climate based multi-year predictions of the Barents Sea cod stock // PLOS ONE. V. 13. doi: [10.1371/journal.pone.0206319](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206319).
- Årthun M., Eldevik T., Smedsrud L.H. 2019. The role of Atlantic heat transport in future Arctic winter sea ice loss // J. of Climate. V. 32. № 11. P. 3327–3341.
- Asbjørnsen H., Arthun M., Skagseth O., Eldevik T. 2020. Mechanisms underlying recent Arctic Atlantification. // Geophysical research letters. V. 47. № 15. doi: [10.1029/2020GL088036](https://doi.org/10.1029/2020GL088036).
- Boitsov V.D., Karsakov A.L., Trofimov A.G. 2012. Atlantic water temperature and climate in the Barents Sea, 2000–2009 // ICES J. of Marine Science. V. 69 (5). P. 833–840.
- Cavalieri D., Parkinson C. 2012. Arctic sea ice variability and trends, 1979–2010. // Cryosphere. V. 6. № 4. P. 881–889.
- Comiso J., Hall D. 2014. Climate trends in the Arctic as observed from space // WIREs Climate Change. V. 5. № 3. P. 389–409.
- Ding Q., Schweiger A., L'Heureux M., Battisti D., PoChedley S., Johnson N., Blanchard-Wrigglesworth E., Harnos K., Zhang Q., Eastman R. 2017. Influence of high-latitude atmospheric circulation changes on summertime Arctic sea ice // Nature Climate Change. V. 7. P. 289–295.
- Dufour A., Zolina O., Gulev S. 2016. Atmospheric moisture transport to the Arctic: Assessment of reanalyses and analysis of transport components // J. of Climate. V. 29. № 14. P. 5061–5081.
- Ellingsen K., Yoccoz N., Tveraa T., Frank K., Johannesen E., Anderson M., Dolgov A., Shackell N. 2020. The rise of a marine generalist predator and the fall of beta-diversity. // Global Change Biology. V. 26. № 5. P. 2897–2907.
- Haarpaintner J., O'Dwyer J., Gascard J., Haugan P., Schauer U., Østerhus S. 2001. Seasonal transformation of water masses, circulation and brine formation observed in Storfjorden, Svalbard // Annals of Glaciology. V. 33. P. 437–443.
- Jakobsson M., Mayer L., Bringensparr C. et al. 2020. The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean Version 4.0. 2020. // Scientific Data. V. 7. № 176. doi: [10.1038/s41597-020-0520-9](https://doi.org/10.1038/s41597-020-0520-9).
- Lee S., Gong T., Feldstein S., Screen J., Simmonds I. 2017. Revisiting the cause of the 1989–2009 Arctic surface warming using the surface energy budget: Downward infrared radiation dominates the surface fluxes. // Geophysical Research Letters. V. 44. P. 10654–10661.
- Levitus S., Matishov G., Seidov D., Smolyar I. 2009. Barents Sea multidecadal variability // Geophysical Research Letters. V. 36 L19604. <https://doi.org/10.1029/2009GL039847>.
- Lind S., Ingvaldsen R., Furevik T. 2018. Arctic warming hotspot in the northern Barents Sea linked to declining sea-ice import. // Nature Climate Change. V. 8. P. 634–639.
- Long Z., Perrie W. 2015. Scenario Changes of Atlantic Water in the Arctic Ocean // Journal of Climate. V.28 № 14 P. 5523–5548. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00522.1>.
- Long Z., Perrie W. 2017. Changes in Ocean Temperature in the Barents Sea in the Twenty-First Century // J. of Climate. V.30 № 15 P. 5901–5921. [https://DOI10.1175/JCLI-D-16-0415.1](https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0415.1).
- Loeng H., Drinkwater K. 2007. An overview of the ecosystems of the Barents and Norwegian Seas and their response to climate variability // Deep-Sea Research II. V. 54. № 23–26. P. 2478–2500.

- Ogawa F., Keenlyside N., Gao Y., Koenigk T., Yang S., Suo L., Wang T., Gastineau G., Nakamura T., Cheung H., Omrani N.-E., Ukita J., Semenov V. 2018. Evaluating impacts of recent Arctic sea ice loss on the Northern Hemisphere winter climate change // *Geophysical Research Letters*. V. 45. P. 3255–3263.
- Sévellec F., Fedorov A., Liu W. 2017. Arctic sea-ice decline weakens the Atlantic meridional overturning circulation // *Nature Climate Change*. V. 7. P. 604–610.
- Skagseth, Ø., Furevik T., Ingvaldsen R., Loeng H., Mork K., Orvik K., Ozhigin V. 2008. Volume and heat transports to the Arctic Ocean via the Norwegian and Barents Seas // *Arctic–Subarctic Ocean Fluxes: Defining the Role of the Northern Seas in Climate* /R. Dickson, J. Meincke, P. Rhines, eds. Springer. P. 45–64. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6774-7_3.
- Sorteberg A., Walsh J. 2008. Seasonal cyclone variability at 70°N and its impact on moisture transport into the Arctic // *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*. V. 60. № 3. P. 570–586.
- Watelet S., Skagseth Ø., Lien V., Sagen H., Østensen Ø., Ivshin V., Beckers J.-M. 2020. A volumetric census of the Barents Sea in a changing climate. // *Earth System Science Data*. V. 12. P. 2447–2457.
- Zhang P., Wu Y., Chen G., Yu Y. 2020. North American cold events following sudden stratospheric warming in the presence of low Barents-Kara Sea sea ice // *Environmental Research Letters*. V. 15. № 12. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc215>
- REFERENCES**
- Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas of the USSR*. 1990. Leningrad: Gidrometeoizdat Press. V. 1. Iss. 1. 280 pp.
- Karsakov A.L., Trofimov A.G., Titov O.V. 2018. Main features of the environmental conditions in the Barents Sea in 2017 // *Trudy VNIRO*. V. 173 P. 17–32.
- Ozhigin V.K., Ivshin V.A., Trofimov A.G., Karsakov A.L., Anciferov M.Y. 2016. The Barents Sea Water: structure, circulation, variability. Murmansk: PINRO. 260 pp.
- Trofimov A.G. 2000. Numerical modelling of water circulation in the Barents Sea. Murmansk: PINRO Press. 42 pp.
- Trofimov A.G., Karsakov A.L., Ivshin V.A. 2018. Climate changes in the Barents Sea over the last half century // *Trudy VNIRO*. V. 173. P. 79–91.
- Årthun, M., Bogstad B., Daewel U., Keenlyside N., Sandø A., Schrum C., Ottersen G. 2018. Climate based multi-year predictions of the Barents Sea cod stock // *PLOS ONE*. V. 13. doi. [org/10.1371/journal.pone.0206319](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206319).
- Årthun M., Eldevik T., Smedsrud L.H. 2019. The role of Atlantic heat transport in future Arctic winter sea ice loss // *J. of Climate*. V. 32. № 11. P. 3327–3341.
- Asbjørnsen H., Arthun M., Skagseth O., Eldevik T. 2020. Mechanisms underlying recent Arctic Atlantification. // *Geophysical research letters*. V. 47. № 15. doi: 10.1029/2020GL088036.
- Boitsov V.D., Karsakov A.L., Trofimov A.G. 2012. Atlantic water temperature and climate in the Barents Sea, 2000–2009 // *ICES J. of Marine Science*. V. 69 (5). P. 833–840.
- Cavalieri D., Parkinson C. 2012. Arctic sea ice variability and trends, 1979–2010. // *Cryosphere*. V. 6. № 4. P. 881–889.
- Comiso J., Hall D. 2014. Climate trends in the Arctic as observed from space // *WIREs Climate Change*. V. 5. № 3. P. 389–409.
- Ding Q., Schweiger A., L'Heureux M., Battisti D., PoChedley S., Johnson N., Blanchard-Wrigglesworth E., Harnos K., Zhang Q., Eastman R. 2017. Influence of high-latitude atmospheric circulation changes on summertime Arctic sea ice // *Nature Climate Change*. V. 7. P. 289–295
- Dufour A., Zolina O., Gulev S. 2016. Atmospheric moisture transport to the Arctic: Assessment of reanalyses and analysis of transport components // *J. of Climate*. V. 29. № 14. P. 5061–5081.
- Ellingsen K., Yoccoz N., Tveraa T., Frank K., Johannesen E., Anderson M., Dolgov A., Shackell N. 2020. The rise of a marine generalist predator and the fall of beta-diversity. // *Global Change Biology*. V. 26. № 5. P. 2897–2907.
- Haarpaintner J., O'Dwyer J., Gascard J., Haugan P., Schauer U., Østerhus S. 2001. Seasonal transformation of water masses, circulation and brine formation observed in Storfjorden, Svalbard // *Annals of Glaciology*. V. 33. P. 437–443.
- Jakobsson M., Mayer L., Bringensparr C. et al. 2020. The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean Version 4.0. 2020. // *Scientific Data*. V. 7. № 176. doi. [org/10.1038/s41597-020-0520-9](https://doi.org/10.1038/s41597-020-0520-9).
- Lee S., Gong T., Feldstein S., Screen J., Simmonds I. 2017. Revisiting the cause of the 1989–2009 Arctic surface warming using the surface energy budget: Downward infrared radiation dominates the surface fluxes. // *Geophysical Research Letters*. V. 44. P. 10654–10661.
- Levitus S., Matishov G., Seidov D., Smolyar I. 2009. Barents Sea multidecadal variability // *Geophysical Research Letters*. V. 36 L19604. <https://doi.org/10.1029/2009GL039847>.
- Lind S., Ingvaldsen R., Furevik T. 2018. Arctic warming hotspot in the northern Barents Sea linked to declining sea-ice import. // *Nature Climate Change*. V. 8. P. 634–639.
- Long Z., Perrie W. 2015. Scenario Changes of Atlantic Water in the Arctic Ocean// *Journal of Climate*. V.28 № 14 P. 5523–5548. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00522.1>.
- Long Z., Perrie W. 2017. Changes in Ocean Temperature in the Barents Sea in the Twenty-First Century // *J. of Climate*. V.30 № 15 P. 5901–5921. <https://DOI10.1175/JCLI-D-16-0415.1>.
- Loeng H., Drinkwater K. 2007. An overview of the ecosystems of the Barents and Norwegian Seas and their response to climate variability // *Deep-Sea Research II*. V. 54. № 23–26. P. 2478–2500.
- Ogawa F., Keenlyside N., Gao Y., Koenigk T., Yang S., Suo L., Wang T., Gastineau G., Nakamura T., Cheung H., Omrani N.-E., Ukita J., Semenov V. 2018. Evaluating impacts of recent Arctic sea ice loss on the Northern Hemisphere winter climate change // *Geophysical Research Letters*. V. 45. P. 3255–3263.
- Sévellec F., Fedorov A., Liu W. 2017. Arctic sea-ice decline weakens the Atlantic meridional overturning circulation // *Nature Climate Change*. V. 7. P. 604–610.
- Skagseth, Ø., Furevik T., Ingvaldsen R., Loeng H., Mork K., Orvik K., Ozhigin V. 2008. Volume and heat transports to the Arctic

- Ocean via the Norwegian and Barents Seas // Arctic–Subarctic Ocean Fluxes: Defining the Role of the Northern Seas in Climate /R. Dickson, J. Meincke, P. Rhines, eds. Springer. P. 45–64. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6774-7_3.
- Sorteberg A., Walsh J. 2008. Seasonal cyclone variability at 70°N and its impact on moisture transport into the Arctic // Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography. V. 60. № 3. P. 570–586.
- Watelet S., Skagseth Ø., Lien V., Sagen H., Østensen Ø., Ivshin V., Beckers J.-M. 2020. A volumetric census of the Barents Sea in a changing climate. // Earth System Science Data. V. 12. P. 2447–2457.
- Zhang P., Wu Y., Chen G., Yu Y. 2020. North American cold events following sudden stratospheric warming in the presence of low Barents-Kara Sea sea ice // Environmental Research Letters. V. 15. № 12. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abc215>

Поступила в редакцию 28.05.2021 г.
Принята после рецензии 16.04.2022 г.



Технология переработки водных биоресурсов

Актуализация норм выхода продуктов переработки минтая на основе статистического анализа данных опытно-контрольных работ.

Сообщение 2. Актуализация норм выхода продуктов переработки минтая Западно-Беринговоморской, Восточно-Камчатской, Северо- и Южно-Курильской зон

А.В. Сопина, Е.Н. Харенко, Н.Н. Яричевская

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

Целью настоящего исследования является актуализация норм выхода продуктов переработки минтая для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна на основе статистической оценки результатов опытно-контрольных работ, направленной на совершенствования системы регулирования промысла в части верификации фактических уловов.

Используемые методы: опытно-контрольные работы (ОКР) выполнялись по Методикам определения норм расхода сырья при производстве продукции из гидробионтов. Было проведено 145 опытно-контрольных работ, масса рыбы-сырца, направленного на их проведение, составила 21499,4 кг. Расчёты результатов опытно-контрольных работ проводились с использованием Комплекса программ для обработки результатов ОКР при производстве мороженой продукции из рыбы-сырца (кроме осетровых и лососевых).

Новизна: установлено, что использование модернизированного рыбразделочного оборудования или машин нового поколения позволяет увеличить выход обезглавленного минтая на 3,8%, а филе без кожи без кости из минтая в сезон «Б» — на 2,9%. Впервые установлен выход филе без кожи без кости из минтая в сезон «А», который составил 26,9%.

Результат: данное сообщение является продолжением научно-исследовательской работы по актуализации норм выхода продукции из минтая, проводимой ФГБНУ «ВНИРО». Ранее, в первом сообщении, были представлены данные по актуализированным нормам выхода продукции из минтая Охотского моря. В настоящем сообщении обобщены и проанализированы данные по нормам выхода продукции из минтая Западно-Беринговоморской, Восточно-Камчатской, Северо- и Южно-Курильской зон.

Практическая значимость: актуализированные нормы выхода продукции из минтая включены в 2020 г. в новую редакцию сборника «Бассейновые нормы отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве мороженой и кормовой продукции из рыб Дальнего Востока».

Ключевые слова: минтай *Gadus chalcogrammus*, нормы выхода продукции, коэффициенты расхода сырья, верификация фактических уловов, статистический анализ данных опытно-контрольных работ.

Updating the rates of output of pollock processing products based on statistical analysis of experimental data. Message 2. Updating the rates of walleye pollock processing products in the West Bering Sea, East Kamchatka, North and South Kuril zones

Anna V. Sopina, Elena N. Kharenko, Nataliya N. Yarichevskaya

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

The purpose of this study is update the norms for the output of walleye pollock processing products for the Far Eastern fishery basin based on a statistical assessment of the results of experimental control works aimed at improving the fishing regulation system in terms of verifying actual catches.

Methods used: experimental and control work was carried out according to the «Methods for determining the consumption rates of raw materials in the production of products from hydrobionts». 145 experimental and control works were carried out, the mass of raw fish directed to their implementation was 21499.4 kg. Calculations of the results of experimental and control work using the «Complex of programs for processing the results of experimental control works in the production of frozen products from raw fish (except for sturgeon and salmon)».

Novelty: it has been established that the use of modernized fish cutting equipment or new generation machines can increase the yield of headless walleye pollock by 3.8%, and output skinless and boneless walleye pollock fillets in season «B» increased by 2.9%. For the first time, the output of skinless, boneless fillets from walleye pollock in season «A» was established, which amounted to 26.9%.

Result: this article is a continuation of the great work carried out by the Federal State Budgetary Scientific Institution «VNIRO» to update the rates of output from walleye pollock. In the first message, the rates of output from the Sea of Okhotsk pollock were considered, in the second message the data on the output of production from the West Bering Sea, East Kamchatka, North and South Kuril zones.

Practical significance: the developed rates for the yield of walleye pollock processed products in 2020 included in new collection of «Basin rates for waste, losses, finished product yield and raw material consumption in the production of frozen and fodder products from fish of the Far East region».

Keywords: walleye pollock *Gadus chalcogrammus*, production rates, raw material consumption coefficients, verification of actual catches, statistical analysis of experimental data.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка научно обоснованных коэффициентов расхода сырья для верификации фактических уловов является одним из ключевых условий рационального использования сырьевой базы.

Добыча (вылов) минтая (*Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814) и производство мороженой продукции из него осуществляются большую часть года, за исключением тех периодов, когда промысел закрыт по причине нереста, сроки которого различаются по районам. Это создаёт предпосылки для эксплуатации имеющихся запасов данного вида не только в Охотском, но и в Беринговом (Западно-Берингоморская зона, Карагинская подзона) морях и тихоокеанских водах Юго-Восточной Камчатки, северных и южных Курильских о-вов (Петропавловско-Командорская подзона, Северо- и Южно-Курильская зоны).

В первом сообщении рассмотрено как изменение физиологического состояния в годовом жизненном цикле минтая Охотского моря и применение нового или модернизированного разделочного оборудования отражаются на значениях норм выхода продукции из минтая.

Во втором сообщении даётся оценка влияния данных факторов на значения норм выхода продукции из минтая в Западно-Берингоморской, Восточно-Камчатской, Северо- и Южно-Курильской зонах.

Российские воды Берингова моря занимают второе место по добыче водных биологических гидробионтов среди дальневосточных морей и прилегающих к ним акваторий преимущественно за счёт ресурсов морских рыб [Антонов, Датский, 2019].

В российскую экономическую зону Берингова моря попадает относительно небольшая часть ареала восточноберингоморского минтая. В Западно-Берингоморской зоне с июня по декабрь промысел вида осуществляется, главным образом, на его нагульных скоплениях, что позволяет флоту добывать более 93% всего улова минтая за календарный год в этой акватории [Степаненко, Грицай, 2018; Датский, 2019; Степаненко, 2001].

Условной границей двух популяций: западно- и восточноберингоморской считают 174-й восточный меридиан. Минтай, вылавливаемый в Карагинской подзоне и на смежном участке Западно-Берингоморской зоны, относится к западноберингоморской популяции.

В Западно-Берингоморской зоне общий допустимый улов (ОДУ) минтая на 2013 г. был установлен в объёме 393,1 тыс. т, а вылов российских рыбаков составил 328,9 тыс. т. В тот же год в Карагинской подзоне Восточно-Камчатской зоны объём ОДУ определён в объёме 31,4 тыс. т, а вылов минтая достиг 29,8 тыс. т при освоении 94,9% [Антонов и др., 2016]. По данным 2020 г. вылов минтая в российских водах Берингова моря составил 381,7 тыс. т¹.

В Западно-Берингоморской зоне в 2020 г. размерный ряд минтая находился в пределах 26–66 см, средняя длина 48,1 см. Основу улова (порядка 70,0%) составляли рыбы длиной 45–53 см. Прилов молоди в среднем — 1,5%. В Карагинской подзоне размеры минтая находились в пределах 33,0–61,0 см, средняя длина 46,6 см. В уловах преобладали особи длиной 44,0–50,0 см. Прилов молоди был минимальный и не превышал 2,7% от улова [Якимов, 2021].

Петропавловско-Командорскую подзону Восточно-Камчатской зоны и Северо-Курильскую зону населяет минтай восточнокамчатской популяции. В ряду генераций этой группировки к урожайным можно отнести рыб поколений 2000, 2001, 2003 гг., к категории средних — 2011, 2014, 2015 гг. Размеры минтая в уловах составляли 33,0–57,0 см при средней длине 43,6 см [Варкентин и др., 2021]. Суммарный вылов вида в этих рыбопромысловых районах в 2020 г. превысил 196 тыс. т.

Южно-Курильская зона уступает по стабильности высоких концентраций нектона только северной части Охотского и северо-западной части Берингова морей. Объёмы вылова во многом обеспечивались запасами минтая южнокурильской популяции [Овсяннико-

¹ Минтайщикам дадут прогноз на путину в Беринговом море. Fishnews. 02.04.2021. Доступно через: <https://fishnews.ru/news/41409>.

ва, 2012], добыча которой в 2020 г. достигла 92 тыс. т. Промысловые скопления рыб с минимальным приловом молоди образуются в Кунаширском проливе и прилегающих к нему акваториях в период нереста, а летом — вдоль Малой Курильской гряды. Длина минтая составляла 33,0–49,0 см при средней — 39,3 см [Овсянникова и др., 2021].

Минтай, добытый в России, не отличается от американского, однако США для создания конкурентных преимуществ используют процедуру международной сертификации, используя термин «Alaska Pollock», чтобы связать производство своей продукции с принципами устойчивого рыболовства, позволяющими выпускать продукцию, которая по своему качеству будет считаться выше российской [Шевченко, Датский, 2014].

Для нивелирования преимущества продукции США по инициативе Ассоциации добытчиков минтая с 2013 г. проводилась международная сертификация тралового промысла минтая Охотского моря по стандартам MSC (Marine Stewardship Council). В 2018 г. данный промысел был успешно ресертифицирован. В 2021 г. международную экологическую сертификацию прошли следующие районы: в марте Восточно-Сахалинская подзона, в июле Западно-Беринговоморская зона, в сентябре Северо-Курильская зона и Петропавловско-Командорская подзона².

На долю предприятий, входящих в Ассоциацию добытчиков минтая, приходится около 80,0% вылова минтая в России и 41,0% мирового вылова минтая. На судах компаний производится 99,0% филе минтая морского замораживания. Предприятия, входящие в ассоциацию, имеют более 100 единиц добывающего и перерабатывающего флота³.

Признание российского промысла минтая соответствующим международным стандартам невозможно без оснащения судовых цехов современным оборудованием для разделки рыбы или модернизации имеющегося. В зависимости от промысловой длины минтая в уловах осуществляется настройка имеющегося разделочного оборудования⁴.

Состояние промысловых запасов минтая позволяет выпускать продукцию, соответствующую мировым стандартам в достаточных объемах. Ос-

новными видами продукции из минтая в Западно-Беринговоморской, Восточно-Камчатской, Северо-и Южно-Курильская зонах, также, как и в Охотском море, является минтай мороженный обезглавленный и филе. Практически всё производство мороженой икры минтая осуществляется в зоне Охотское море, на долю Западно-Беринговоморской и Восточно-Камчатской зон приходится около 1,0% [Чупикова и др., 2020].

Целью настоящего исследования является актуализация норм выхода продуктов переработки минтая для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна на основе статистической оценки результатов опытно-контрольных работ, направленной на совершенствование системы регулирования промысла в части верификации фактических уловов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опытно-контрольные работы по определению норм выхода продукции из минтая проводились на предприятиях Дальневосточного региона, ведущих промысел на крупно- и среднетоннажных судах в период 2015–2019 гг. Полученные данные, с учётом сроков ведения промысла, были сгруппированы по сезонам «А» и «Б».

В соответствии с Правилами рыболовства в Западно-Беринговоморской зоне специализированный промысел минтая запрещён с 1 марта по 15 мая, в Восточно-Камчатской зоне в Петропавловско-Командорской подзоне — с 15 февраля по 1 мая, в Карагинской подзоне — с 1 марта по 30 апреля⁵.

Опытно-контрольные работы (ОКР) выполнялись по Методикам определения норм расхода сырья при производстве продукции из гидробионтов, в соответствии с которыми массу рыбы, направленной на разделку, определяли с точностью до 0,1 кг [Методики определения ..., 2002].

Было проведено 145 опытно-контрольных работ, масса рыбы-сырца, направленного на их проведение, составила 21499,4 кг.

Расчёты результатов опытно-контрольных работ проводили с использованием Комплекса программ для обработки результатов ОКР при производстве мороженой продукции из рыбы-сырца (кроме осетровых и лососевых). Данный комплекс включает программы, позволяющие автоматизировать расчёты результатов ОКР и сохранять полученную информацию в базе

² АДМ расширила MSC-сертификат на Восточную Камчатку. www.msc.org. 2021 [протитировано 10 марта 2021 г.]. Accessible via: <https://www.msc.org/media-centre/press-releases>.

³ Ассоциация добытчиков минтая. <https://pollock.ru>. 2022 [протитировано 15 февраля 2022 г.]. Доступно: <https://pollock.ru/about/>

⁴ BAADER. www.baader.com. 2022 [протитировано 15 февраля 2022 г.]. Доступно: <https://fish.baader.com/>

⁵ Приказ Минсельхоза России от 23.05.2019 № 267 «Об утверждении правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна». <https://minjust.consultant.ru> [протитировано 12 сентября 2021]. Доступно: <https://minjust.consultant.ru/documents/43026>.

данных для дальнейших аналитических исследований [Харенко и др., 2005⁶, 2006⁷, 2007⁸, 2008 а⁹, б¹⁰].

Статистическую и графическую обработку данных осуществляли с использованием программ Excel и Statistica.

Для показателей нормирования были установлены обычные требования надёжности, при выборке данных больших объёмов доверительная вероятность $\beta=0,95$, критерий надёжности $t=1,96$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Значения коэффициентов расхода сырья формируются с учётом одновременно действующих в момент времени j факторов. На основании ранее проведённых исследований составлен алгоритм для сравнения воздействия факторов различного генезиса, к которым относятся биологические показатели вида и применяемые технологии переработки [Сопина, Харенко, 2011].

Ведение устойчивого промысла неразрывно связано с рациональным использованием водных биоресурсов. Увеличение выхода обезглавленного минтая достигается в результате модернизации штатных узлов рыбообработочного оборудования или замены оборудования на промысловых судах. В первом случае, досылатель голов устанавливается вместо штатного толкателя, который подаёт рыбу к устройству, дополнительно удерживающему её за грудные плавники, позволяя ножу делать точный, управляемый и, соответственно, более экономичный рез головы, независимо от размера рыбы. Во втором случае, в разделочном цехе судна устанавливаются новые модели оборудования с более сложным техническим оснащением, которое управляется главным компьютером, проводящим индивидуальное измерение лазерными датчиками тела рыбы и наведение разделочных ножей, которые подстраиваются под размер рыбы. Голова рыбы отсекается экономичным, по сравнению

с прямым, V-образным резом, что также повышает выход продукции.

Для определения норм выхода обезглавленного минтая в сезон «А» в Западно-Беринговоморской, Восточно-Камчатской, Северо- и Южно-Курильской зонах было проведено 58 опытно-контрольных работ, масса сырья, направленного на их проведение, составила 8698,1 кг. Статистическая оценка полученных данных представлена на гистограмме (рис. 1).

Среднее значение выхода обезглавленного минтая в сезон «А» составляет 61,74%, при округлении – 61,7%. Распределение данных носит характер, близкий к нормальному, хотя есть небольшая асимметрия в распределении данных. Значение медианы составляет 61,88. Средние значения результатов опытно-контрольных работ находятся в интервале от 61,64 до 61,84%. Максимальное значение выхода обезглавленного минтая 62,45%, минимальное – 60,94%. По результатам опытно-контрольных работ нормы выхода обезглавленного икраяного минтая – 61,7%, коэффициент расхода сырья – 1,621.

Для определения норм выхода обезглавленного минтая в сезон «Б» в Западно-Беринговоморской, Восточно-Камчатской, Северо- и Южно-Курильской зонах было проведено 55 опытно-контрольных работ, масса сырья, направленного на их проведение составила 8842,6 кг.

На рис. 2 представлена статистическая оценка полученных данных.

Среднее значение выхода обезглавленного минтая в сезон «Б» составило 62,22%. Минимальное значение – 61,29%, максимальное – 64,14%. Среднее значение находится в интервале от 62,09 до 62,35%. Распределение данных носит нормальный характер, медиана практически совпадает со средним значением 62,21. Выход обезглавленного минтая в сезон «Б» составил 62,2%, коэффициент расхода сырья 1,608.

Для минтая, как и для других представителей семейства тресковых, характерно накопление запасов питательных веществ в печени с последующим их расходом в период созревания гонад. Однако, следует учитывать, что в течение года изменяется, хоть и незначительно, коэффициент упитанности. Минимальные значения данного показателя для половозрелого западно-беринговоморского минтая отмечаются в конце зимовки перед нерестом (0,56%), а максимальные значения достигаются в конце нагульного периода (0,65%) [Глубоков, 2005]. Изменение коэффициента упитанности непосредственно отражается на выходе разделанной рыбы. В сезон «Б» выход разделанной рыбы на 0,5% выше, чем в сезон «А», и хотя

⁶ Харенко Е.Н., Сопина А.В., Ким Э.Н., Филиппов О.А. 2005. Программа по определению отходов и потерь при разделке рыбы (кроме осетровых): А.с. (RU) №2005612419. 1 с.

⁷ Харенко Е.Н., Сопина А.В., Ким Э.Н., Филиппов О.А. 2006. Программа по определению отходов и потерь при производстве мороженой рыбы: А.с. (RU) №2006611146. 1 с.

⁸ Харенко Е.Н., Сопина А.В., Ким Э.Н., Филиппов О.А. 2007. Программа по определению выхода ястыков для всех видов рыб (кроме осетровых и лососевых): А.с. (RU) №2007614948. 1 с.

⁹ Харенко Е.Н., Сопина А.В., Ким Э.Н., Филиппов О.А. 2008 а. Программа по определению выхода икры полуфабриката: А.с. (RU) №2008610796. 1 с.

¹⁰ АДМ расширила MSC-сертификат на Восточную Камчатку. www.msc.org. 2021 [процитировано 10 марта 2021 г.]. Accessible via: <https://www.msc.org/media-centre/press-releases>.

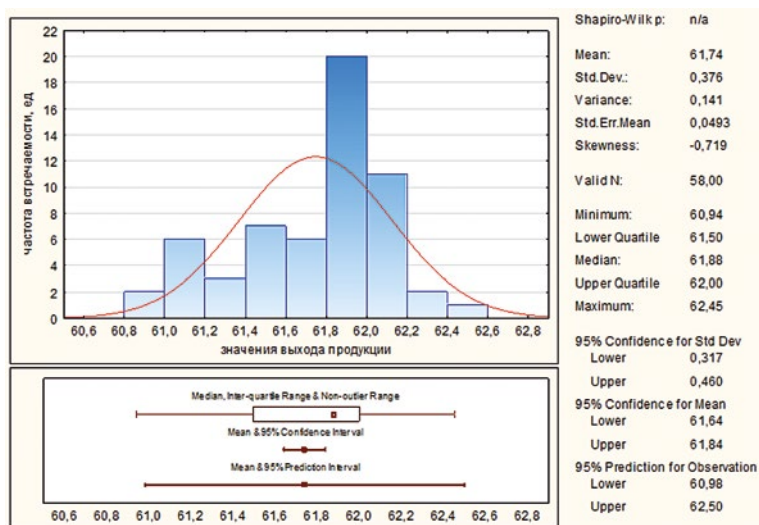


Рис. 1. Сводные данные результатов опытно-контрольных работ по определению норм выхода минтая, обезглавленного в сезон «А» за 2015–2019 гг., проведённых в Западно-Беринговоморской, Восточно-Камчатской, Северо- и Южно-Курильской зонах (замораживание в формах с крышкой)

Fig. 1. Summary data of the results of experimental and control work carried out in the West Bering Sea, East Kamchatka, North and South Kuril zones for 2015–2019 years, to determine the norms of output pollock processing products (pollock head off) in season «A». Freezing in molds with a lid

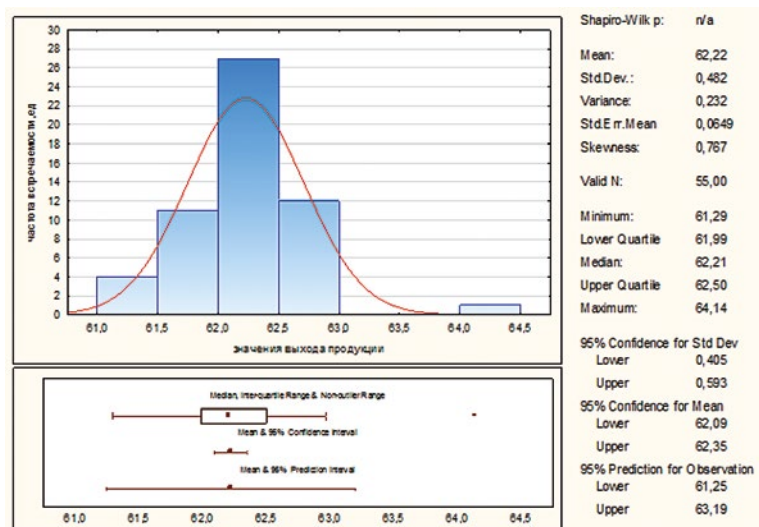


Рис. 2. Сводные данные результатов опытно-контрольных работ по определению норм выхода минтая, обезглавленного в сезон «Б» за 2015–2019 гг., проведённых в Западно-Беринговоморской, Восточно-Камчатской, Северо- и Южно-Курильской зонах (замораживание в формах с крышкой)

Fig. 2. Summary data of the results of experimental and control work carried out in the West Bering Sea, East Kamchatka, North and South Kuril zones for 2015–2019 years, to determine the norms of output pollock processing products (pollock head off) in season «B». Freezing in molds with a lid

разница по нормам выхода небольшая, её необходимо учитывать.

Сравнительный анализ результатов ОКР и бассейновых норм выхода продукции из минтая, вылавливаемого в Западно-Беринговоморской, Восточно-Камчатской, Северо- и Южно-Курильской зонах, представлен на рис. 3.

Использование современных и модернизированных моделей «BAADER» позволило увеличить в сезон «А» выход обезглавленного минтая до 61,7%, а в сезон «Б» — до 62,2%. В сборнике «Бассейновые нормы...»¹¹ выход обезглавленного минтая не превышал

¹¹ Ассоциация добытчиков минтая. <https://pollock.ru>. 2022 [протитировано 15 февраля 2022 г.]. Доступно: <https://pollock.ru/about/>

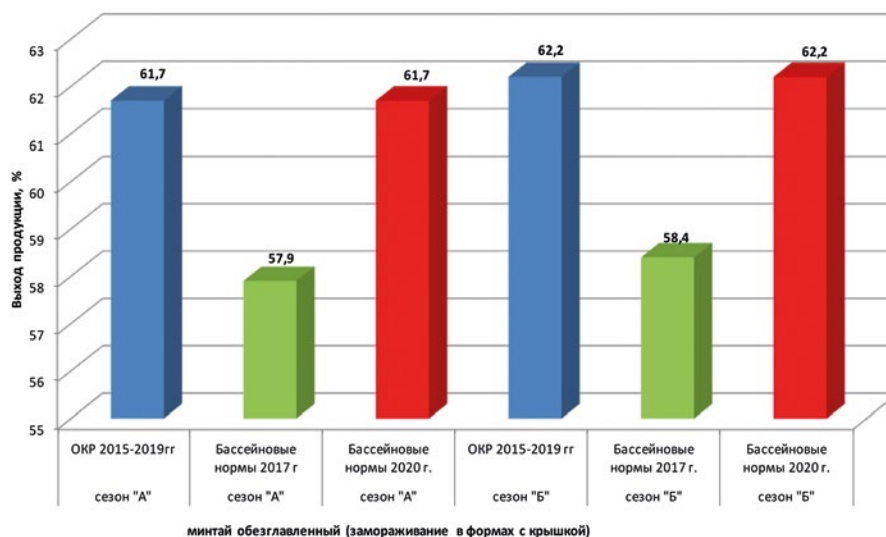


Рис. 3. Сравнительный анализ норм выхода (в %) продукции из минтая, вылавливаемого в Западно-Беринговоморской, Восточно-Камчатской, Северо- и Южно-Курильской зонах

Fig. 3. Comparative analysis of the output rates of headless pollock, caught in the West Bering Sea, East Kamchatka, North and South Kuril zones

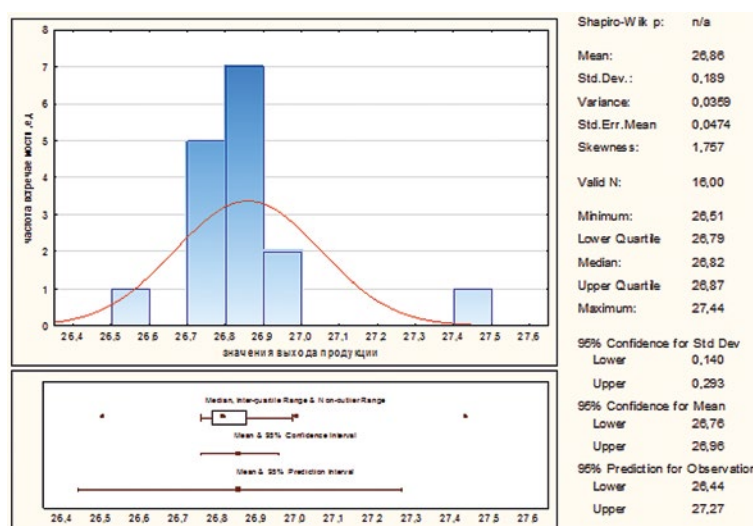


Рис. 4. Сводные данные результатов опытно-контрольных работ по определению норм выхода филе без кожи без кости в сезон «А» за 2015–2019 гг., проведённых в Западно-Беринговоморской, Восточно-Камчатской, Северо- и Южно-Курильской зонах

Fig. 4. Summary data of the results of experimental and control work carried out in the West Bering Sea, East Kamchatka, North and South Kuril zones for 2015–2019 years, to determine the rates of fillet output skinless boneless pollock in season «А»

57,9 и 58,4%, соответственно. По результатам сравнительного анализа отмечено увеличение выхода обезглавленного минтая на современных и модернизированных моделях «BAADER» в среднем на 3,8%. Разработанные нормы выхода мороженой продукции из минтая представлены в действующей редакции сборника «Бассейновые нормы отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья при про-

изводстве мороженой и кормовой продукции из рыб Дальнего Востока».¹²

Производство филе – процесс более сложный, он включает обезглавливание рыбы на первом этапе и последующую разделку на филе с удалением или оставлением кожи и/или кости. В качестве примера, как

¹² BAADER. www.baader.com. 2022 [процитировано 15 февраля 2022 г.]. Доступно: <https://fish.baader.com/>

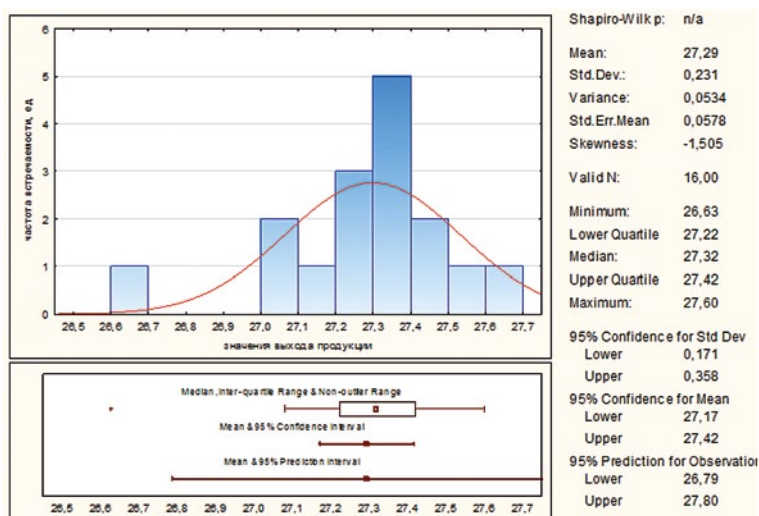


Рис. 5. Сводные данные результатов опытно-контрольных работ по определению норм выхода филе без кожи без кости из минтая в сезон «Б» за 2015–2019 гг., проведённых в Западно-Беринговоморской, Восточно-Камчатской, Северо- и Южно-Курильской зонах

Fig. 5. Summary data of the results of experimental and control work carried out in the West Bering Sea, East Kamchatka, North and South Kuril zones for 2015–2019 years, to determine the rates of fillet output skinless boneless pollock in season «B»

и в первом сообщении, проводили сравнительный анализ норм выхода филе из минтая без кожи без кости.

В Западно-Беринговоморской, Восточно-Камчатской, Северо- и Южно-Курильской зонах было проведено 16 опытно-контрольных работ по определению норм выхода филе в сезон «А». Масса сырья, направленного на проведение опытно-контрольных работ составила 1954,1 кг. На рис. 4 представлены результаты статистической оценки полученных данных.

Среднее значение выхода филе минтая составило 26,86%, при этом минимальное значение – 26,51%, максимальное – 27,44%. Большая часть значений выборки сгруппирована вокруг среднего, которое находится в интервале от 26,76 до 26,96%. Медиана равна 26,82. По результатам опытно-контрольных работ выход филе без кожи без кости из минтая в сезон «А» в Западно-Беринговоморской, Восточно-Камчатской, Северо- и Южно-Курильской зонах составляет 26,9%, коэффициент расхода сырья равен 3,717.

Для определения норм выхода филе без кожи без кости из минтая в сезон «Б» было проведено 16 опытно-контрольных работ, при этом масса сырья, направленного на их проведение, составила 2004,6 кг. Статистическая оценка полученных результатов исследований представлена на рис. 5.

Среднее значение выхода филе составило 27,29%, доверительный интервал для среднего от 27,17 до 27,42%. Значение медианы – 27,32. Характер распределения данных ближе к нормальному, при этом значения медианы и среднего арифметического

практически совпадают. Минимальное значение равно 26,63%, максимальное – 27,6%. По результатам опытно-контрольных работ выход филе без кожи без кости из минтая в сезон «Б» составил 27,3%, коэффициент расхода сырья – 3,663.

Результаты сравнительного анализа результатов ОКР и бассейновых норм представлены на рис. 6.

Изменение коэффициента упитанности минтая, в зависимости от сезона промысла, оказывает влияние не только на выход обезглавленного минтая, но и на выход филе в зависимости от сезона промысла. Выход филе без кожи без кости из минтая в сезон «Б» составил 27,3%, а для сезона «А» выход филе составил 26,9%. Для сезона «А» показатели нормирования были установлены впервые. При сравнении данных сборников «Бассейновые нормы ...» за 2017 и 2020 гг., а также полученных результатов опытно-контрольных работ по выходу филе минтая без кожи без кости в сезон «Б», можно отметить, что использование современных и модернизированных моделей «BAADER» позволило увеличивать выход продукции на 2,9%.

ВЫВОДЫ

1. Актуализация норм выхода продуктов переработки минтая в Западно-Беринговоморской, Восточно-Камчатской, Северо- и Южно-Курильской зонах на основе статистической оценки результатов опытно-контрольных работ является важной частью системы регулирования промысла минтая в части верификации фактических уловов данного вида.

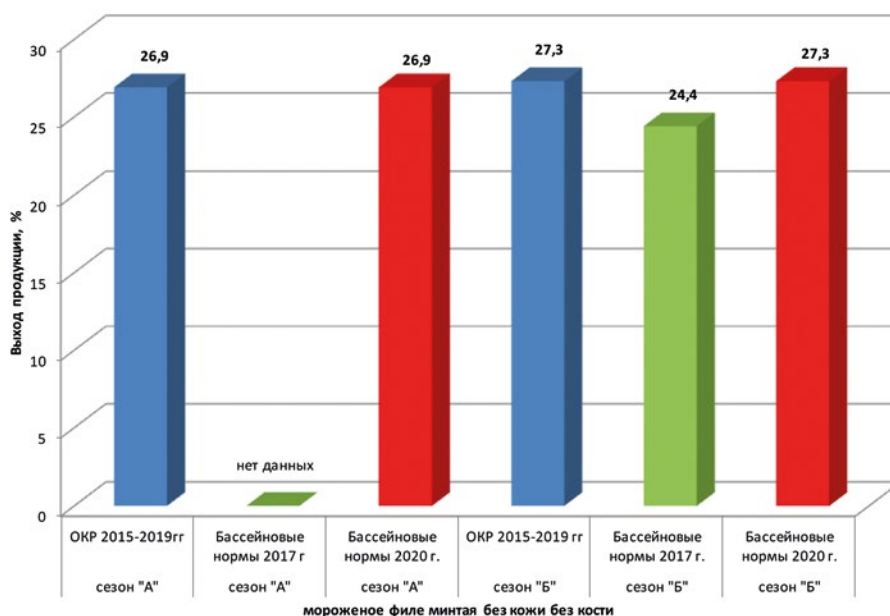


Рис. 6. Сравнительный анализ норм выхода (в %) продуктов переработки минтая, вылавливаемого в Западно-Беринговоморской, Восточно-Камчатской, Северо- и Южно-Курильской зонах

Fig. 6. Comparative analysis of the yield rates of skinless boneless fillets from pollock caught in the West Bering Sea, East Kamchatka, North and South Kuril zones

2. Установлено, что использование модифицированного оборудования и нового поколения машин «BAADER» позволяет увеличить выход обезглавленного минтая в среднем на 3,8% по сравнению с ранее установленными нормами в Западно-Беринговоморской, Восточно-Камчатской, Северо- и Южно-Курильской зонах.

3. На основании проведенных исследований установлены нормы выхода мороженого филе без кожи без кости минтая в Западно-Беринговоморской, Восточно-Камчатской, Северо- и Южно-Курильской зонах. При использовании современного оборудования выход филе без кожи без кости из минтая в сезон «Б» увеличился на 2,9% и составил 27,3%. Впервые установлен выход филе без кожи без кости из минтая в сезон «А», который составил 26,9%, коэффициент расхода сырья – 3,717.

4. Проведенные исследования имеют большое практическое значение. Разработанные нормы выхода мороженой продукции из минтая в 2020 г. вошли в новый сборник «Бассейновые нормы отходов, потеря, выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве мороженой и кормовой продукции из рыб Дальнего Востока».

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБНУ «ВНИРО» по теме «Разработка научно обоснованных норм выхода продуктов переработки водных биологических ресурсов и объектов аквакультуры».

ЛИТЕРАТУРА

- Антонов Н.П. 2011. Промысловые рыбы Камчатского края: биология, запасы, промысел. М.: Изд-во ВНИРО. 244 с.
- Антонов Н.П., Датский А.В. 2019. Использование сырьевой базы морских рыб в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне в 2018 г. // Рыбное хозяйство. № 3. С. 66–76.
- Антонов Н.П., Кловач Н.В., Орлов А.М., Датский А.В., Лепская В.А., Кузнецов В.В., Яржомбек А.А., Абрамов А.А., Алексеев Д.О., Моисеев С.И., Евсеева Н.А., Сологуб Д.О. 2016. Рыболовство в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне в 2013 г. // Труды ВНИРО. Т. 160. С. 133–21.
- Варкентин А.И., Сергеева Н.П., Ильин О.И., Овсянников Е.Е. 2021. Промысел, размерно-возрастной состав, состояние запасов и перспективы вылова минтая (*Gadus chalcogrammus*, Pallas, 1814) на акватории, прилегающей к камчатскому полуострову и северным курильским островам // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и Северо-Западной части Тихого океана. Вып. 60. С. 5–42. DOI: 10.15853/2072–8212.2021.60.5–42.

- Датский А.В. 2019. Сырьевая база рыболовства и её использование в российских водах Берингова моря. Сообщение 3. Сезонная динамика вылова водных биологических ресурсов // Труды ВНИРО. Т. 178. С. 112–149.
- Глубоков А.И. 2005. Биология и популяционная структура минтая (*Theragra chalcogramma*) северной части Берингова моря. Автореф. дис. ... док. биол. наук. М.: ВНИРО. 52 с.
- Методики определения норм расхода сырья при производстве продукции из гидробионтов. 2002. М.: Изд-во ВНИРО. 270 с.
- Овсянникова С.Л., Овсянников Е.Е., Новиков Ю.В. 2021. Распределение и условия обитания минтая (*Theragra chalcogramma*) у Южных курильских островов // Известия ТИНРО. Т. 201. вып. 2. С. 340–358.
- Овсянникова С.Л. 2012. Оценка и прогнозирование запасов минтая Южно-Курильского района // Известия ТИНРО. Т. 170. С. 45–59.
- Степаненко М.А. 2001. Возрастная изменчивость пространственной дифференциации минтая (*Theragra chalcogramma*) у восточной и западной частях Берингова моря // Известия ТИНРО. Т. 128. С. 136–144.
- Степаненко М.А., Грицай Е.В. 2018. Межгодовая изменчивость экологических условий и пространственная дифференциация минтая Берингова моря // Труды ВНИРО. Т. 174. С. 6–20.
- Сопина А.В. Харенко Е.Н. 2011. Мониторинг показателей технологического нормирования для определения фактических уловов // Мат. Межд. науч.-практ. конф. посв. 125-летию Баранова Ф.И. Калининград: КГТУ. С. 143–147.
- Чупикова Е.С., Саяпина Т.А., Антосюк А.Ю. 2020. Мониторинг выхода ястыков минтая в Западно-Беринговоморской зоне, Карагинской и Петропавловско-Командорской подзонах в путину 2020 г. // Рыбное хозяйство. № 3. С. 114–118.
- Шевченко В.В., Датский А.В. 2014. Биоэкономика использования промысловых ресурсов минтая Северной Пацифики. Опыт российских и американских рыбопромышленников. М.: ВНИРО. 212 с.
- Якимов А.Я. 2021. Сравнительная характеристика размерных показателей минтая из траловых уловов на промысле в Охотоморской и Беринговоморской экспедициях осенью 2020 года // Расширенные тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. «Научно-практические вопросы регулирования рыболовства». Владивосток: Дальрыбвтуз. С. 136–140.
- Antonov N.P. 2011. Commercial fish of the Kamchatka territory: biology, stocks, fishing. M.: VNIRO Press. 244 p. (In Russ.).
- Antonov N.P., Datsky A.V. Use of the raw material base of marine fish in the Far Eastern fishery basin in 2018 2019. // Rybnoye khozyaystvo. № 3. P. 66–76. (In Russ.).
- Antonov N.P., Klovach N.V., Orlov A.M., Datsky A.V., Lepskaya V.A., Kuznetsov V.V., Yarzombek A.A., Abramov A.A., Alekseev D.O., Moiseev S.I., Evseeva N.A., Sologub D.O. 2016. Fishing in the Far East fishery basin in 2013 // Trudy VNIRO. T. 160. P. 133–211. (In Russ.).
- Varkentin A.I., Sergeeva N.P., Ilyin O.I., Ovsyannikov E.E. 2021. Fishing, size and age composition, state of stocks and prospects for catching walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*, Pallas, 1814) in the water area adjacent to the Kamchatka Peninsula and the Northern Kuril Islands // Research of aquatic biological resources of Kamchatka and the Northwestern Pacific Ocean. Release. 60. P. 5–42. DOI: 10.15853/2072–8212.2021.60.5–42 (In Russ.).
- Datsky A.V. 2019. The raw material base of fisheries and its use in the Russian waters of the Bering Sea. Message 3. Seasonal dynamics of catch of aquatic biological resources. // Trudy VNIRO. T. 178. P. 112–149. (In Russ.).
- Glubokov A.I. 2005. Biology and population structure of pollock (*Theragra chalcogramma*) in the northern part of the Bering Sea. Abstract dis. ... doc. biol. sciences. Moscow: VNIRO. 52 p.
- Methods for determining the consumption rates of raw materials in the production of products from hydrobionts. 2002. M.: VNIRO Press. 270 p. (In Russ.).
- Ovsyannikova S.L., Ovsyannikov E.E., Novikov Yu.V. 2021. Distribution and habitat conditions of pollock (*Theragra chalcogramma*) near the South Kuril Islands // Izv. TINRO. T. 201. № 2. P. 340–358. (In Russ.).
- Ovsyannikova S.L. 2012. Estimation and forecasting of stocks of pollock in the South Kuril region // Izvestiya TINRO. T. 170. P. 45–59. (In Russ.).
- Stepanenko M.A. 2001. Age-related variability of spatial differentiation of Alaska pollock (*Theragra chalcogramma*) in the eastern and western parts of the Bering Sea // Izvestiya TINRO. T. 128. P. 136–144. (In Russ.).
- Stepanenko M.A., Gritsay Ye.V. 2018. Interannual variability of ecological conditions and spatial differentiation of pollock in the Bering Sea // Trudy VNIRO. T. 174. P. 6–20. (In Russ.).
- Sopina A.V. Kharenko E.N. 2011. Monitoring of technological rationing indicators to determine the actual catches // Mat. Mezhd. nauch.-prakt. konf. posv. 125-letiyu Baranova F.I. Kalinigrad: KGTU. P. 143–147. (In Russ.).
- Chupikova Ye.S., Sayapina T.A., Antosyuk A. Yu. 2020. Monitoring the release of pollock ovaries in the West Bering Sea zone, Karaginskaya and Petropavlovsk-Komandorskaya subzones in the fishing season in 2020 // Rybnoye khozyaystvo. № 3. P. 114–118. (In Russ.).
- Shevchenko V.V., Datsky A.V. 2014. Bioeconomics of the use of pollock fishery resources in the North Pacific. The experience of Russian and American fishermen. M.: VNIRO Press. 212 p. (In Russ.).
- Yakimov A. Ya. 2021. Comparative characteristics of pollock size indicators from trawl catches in the fishery in the Sea of Okhotsk and Bering Sea expeditions in the fall of 2020 // Extended cit. report intl. sci.-tech. conf. «Scientific and practical issues of fisheries regulation». Vladivostok: Dalrybvntuz. P. 136–140. (In Russ.).

Поступила в редакцию 08.12.2021 г.
Принята после рецензии 16.03.2022 г.



Экономика, международное сотрудничество и нормативные правовые основы рыбохозяйственной деятельности

Возможные направления решения проблемы обеспечения новых требований потребления рыбной продукции

К.В. Колончин, С.Н. Серёгин, М.А. Горбунова

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

Цель работы: определить уровень обеспеченности внутреннего рынка рыбной продукцией для выполнения норм по повышению среднегодового потребления рыбной продукции населением Российской Федерации.

Материалы и методы: в работе были использованы официальные данные, опубликованные Федеральной службой государственной статистики о среднелюдном потреблении продуктов питания населением, в том числе рыбной продукции. Методы логического и системного анализа позволили определить перспективные источники обеспечения внутреннего рынка России рыбной продукцией.

Результаты исследования заключаются в определении источников ресурсной базы для повышения объёма продукции из водных биологических ресурсов на внутреннем рынке. Высказаны предложения по возможному дальнейшему развитию рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации, в том числе меры государственной поддержки и регулирования внутреннего рынка.

Практическая значимость заключается в возможности использования результатов исследования при разработке подходов к решению поставленной Роспотребнадзором задачи по повышению норм среднелюдного потребления рыбной продукции населением Российской Федерации.

Ключевые слова: потребление рыбы населением Российской Федерации, внутренний рынок рыбной продукции, цены, структура расходов населения на продукты питания, устойчивость рынка, государственные меры поддержки и регулирования внутреннего рынка.

Possible ways of solving the problem of providing new requirements for the consumption of fish products

Kirill V. Kolonchin, Sergey N. Seregin, Marina A. Gorbunova

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

The purpose of the work is to determine the level of provision of the domestic market with fish products in order to meet the requirements for increasing the average per capita consumption of fish products by the population of the Russian Federation.

Materials and methods: official data published by the Federal State Statistics Service on the average per capita consumption of food products by the population, including fish products, were used in the work. The methods of logical and system analysis made it possible to identify promising sources of providing the domestic market of Russia with fish products.

The results of the study are to determine the sources of the resource base to increase the volume of production from aquatic biological resources in the domestic market. Proposals were made on the possible further development of the fishery complex of the Russian Federation, including measures of state support and regulation of the domestic market.

The practical significance lies in the possibility of using the results of the study in developing approaches to solving the task set by Rospotrebnadzor to increase the norms of per capita consumption of fish products by the population of the Russian Federation.

Keywords: consumption of fish by the population of the Russian Federation, the domestic market for fish products, prices, the structure of household spending on food, market stability, government measures to support and regulate the domestic market.

ВВЕДЕНИЕ

Начало нового века характеризуется активным развитием нутрициологии и пищевых технологий для производства широкой номенклатуры пищевых продуктов, функциональных продуктов и органической продукции, что в последующем обеспечит пе-

реход к персонализированному питанию основной массы населения нашей страны. Питание является главным биологическим процессом жизнедеятельности человека и ключевым фактором взаимодействия его с окружающей средой. Биоконпоненты, входящие в пищевые продукты, расщепляются в процессе мета-

болизма на наноразмерные составляющие и формируют физическую и умственную активность, долголетие, иммунный статус и состояние здоровья человека в целом.

Определяющая роль в сохранении и поддержании здоровья человека связана с удовлетворением физиологических потребностей человека в энергии, пищевых и биологически активных веществах и ведением здорового образа жизни. Политика государства в области здорового питания постоянно совершенствуется, опираясь на новые знания в развитии биохимии и гигиены питания, демографических и социально-экономических изменений, происходящих за последние годы в России. Технологические инновации и внедрение современных автоматизированных систем в производственные процессы приводят к кардинальным изменениям характера труда, снижению физической нагрузки, что, несомненно, отражается на структуре и калорийности питания. Внедрение результатов фундаментальных и прикладных научных исследований в новых областях знания — таких как нутригеномика, нутригенетика и протеомика также вносят определённые дополнения и изменения в разрабатываемые документы и программы в области нутрициологии.

Проведённые научные исследования в области нутрициологии показывают, что вклад питания в обеспечение здоровья и работоспособности человека составляет около 50% от суммы всех факторов, влияющих на его образ жизни. Следствием нарушения питания становится рост возникновения хронических неинфекционных заболеваний, уровень которых может достигать от 30 до 50%.

Реализация в России государственной политики в области здорового питания направлена на достижение национальных целей развития нашей страны и, в первую очередь, решение проблем в области демографии и повышение продолжительности жизни до 80 лет к 2030 году. Поэтому обеспечение населения страны высококачественными и безопасными продуктами питания, повышение качества жизни является ключевым приоритетом проведения социально-экономической политики государства.

Следует отметить, что за последние десять лет в России был разработан и начал реализовываться ряд важнейших базовых государственных документов в области питания: Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации¹ (утв. Указом Пре-

зидента Российской Федерации от 21.01.2020 № 20), Стратегия повышения качества и безопасности пищевой продукции Российской Федерации до 2030 года² (утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 29.06.2016 № 1364-р), Федеральный закон от 01.03.2020 № 47-ФЗ, предусматривающий внесение изменений в федеральные законы «О качестве и безопасности пищевых продуктов» и «Об образовании в Российской Федерации».³ Вносимые изменения касаются уточнения понятий «здоровое питание» и определение принципов здорового питания, способствующих укреплению здоровья человека и будущих поколений, снижение риска развития различных заболеваний.

Внедряемые в России вышеперечисленные государственные нормативно-правовые акты согласуются с опытом и рекомендациями международных организаций, таких как ООН, ВОЗ, ФАО.

В то же время глобальные тренды и вызовы, характеризующиеся нерациональным соотношением основных пищевых веществ, дефицитом микронутриентов, растущее количество населения с избыточной массой тела, ожирения и других факторов риска неинфекционных заболеваний остаются для большинства стран, и в том числе и нашей страны, крайне актуальными, что не может не отражаться на корректировке структуры потребления пищевой и рыбной продукции.

Согласно современным представлениям нутрициологии об оптимальном питании для нормальной жизнедеятельности организма человека рекомендуемая норма белка в калорийности суточного рациона составляет 12–14%, удельный вес жиров принят на уровне 30%, доля углеводов колеблется от 56 до 58%.

Рыба и рыбопродукты занимают значительный удельный вес в рационе питания всех слоёв населения и балансе пищевых ресурсов страны. Пищевая и энергетическая ценность рыбной продукции обусловлена наличием в ней белков, жиров, экстрактивных и минеральных веществ, витаминов и ферментов. Белков в мышечной ткани рыб содержится от 9 до 28%, они имеют важное пищевое значение, так как включают все незаменимые аминокислоты, которые в организме человека не синтезируются.

² Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.06.2016 № 1364-р «Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции до 2030 года». Доступно через: <http://government.ru/docs/23604/>

³ Федеральный закон от 1 марта 2020 г. № 47-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О качестве и безопасности пищевых продуктов» и статью 37 Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации». Доступно через: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_346666/

¹ Указ Президента Российской Федерации от 21.01.2020 № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации». Доступно через: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45106>

С учётом новых научных данных о роли полиненасыщенных жирных кислот семейств омега-3 и омега-6 в процессе метаболизма и значении их в профилактике неинфекционных заболеваний существенно расширены рекомендации по их потреблению детьми и взрослыми. Омега-6 и омега-3 содержатся практически во всех растительных маслах и в тоже время основным источником омега-3 жирных кислот являются жирные сорта рыб и некоторые рыбопродукты. Жира содержится до 30%, он имеет особую биологическую ценность, так как содержит ненасыщенные жирные кислоты (линолевую, линоленовую, арахидоновую), которые не синтезируются в организме человека. Преобладание ненасыщенных жирных кислот в рыбе и рыбной продукции обеспечивает её широкое применение в различных рационах здорового питания, способствующих снижению алиментарно-зависимых патологий.

Учитывая большое значение рыбных пищевых продуктов в формировании здоровья человека Роспотребнадзором определены нормы потребления рыбы с нынешних 22 кг на человека в год до 28 кг на основании «МР 2.3.1.0253–21. Гигиена питания. Рациональное питание. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации».⁴

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Решение этой масштабной задачи потребует от органов государственной власти федерального и регионального уровней принятия комплекса мер социально-экономического характера, а также возможную корректировку налогообложения и мер таможенно-тарифной политики. С учётом огромных территорий России, различного уровня добычи, наличия разнообразия водных биоресурсов в рыбохозяйственных бассейнах решение данного вопроса в короткие сроки вряд ли удастся решить. Социальная структура российского общества с большим уровнем неравенства в реальных доходах населения потребует разработки государством инструментов с привлечением бюджетных средств в рамках реализации концепции социального питания. Аналогичным образом могут решаться вопросы питания в организованных коллективах.

Сегодня с большой долей уверенности можно говорить о том, что в прибрежных территориях потребление рыбы достигает 28 и более кг в год на чело-

века. Но достижение установленного уровня потребления в мегаполисах, где проживает более половины населения страны, потребует проведения всестороннего анализа и детальных расчётов стоимости решения данной проблемы.

Сегодня для России объём доступной сырьевой базы рыболовства, включая в себя ресурсы в зоне национальной юрисдикции, квоты в исключительных экономических зонах (ИЭЗ) зарубежных стран и вылов в открытых морях Мирового океана составляют 6,5–7,0 млн т, к 2030 году он может незначительно возрасти примерно до 7,5 т.

Если говорить о структуре добычи по рыбохозяйственным бассейнам, то картина складывается следующим образом: Дальневосточный – 60–65%, Северный – 21–23%, Западный – 7–8%, Азово-Черноморский – 21–23%. Доля вылова в ИЭЗ России составляет примерно 73–76% общероссийского океанического вылова.

Проведённый анализ показывает, что в настоящее время объём добычи водных биоресурсов в России составляет около 5 млн т, активно наращивается производство товарной аквакультуры, ежегодный объём которой уже превысил 300 тысяч т. Таким образом, суммарный баланс рыбной продукции, поставляемой на продовольственный рынок, уже превысил 5,3 млн т. Динамика вылова основных видов водных биологических ресурсов и производство товарной аквакультуры за период 2016–2020 гг. и по предварительным данным за 2021 год представлена на рис. 1.

Суммарный объём добычи водных биологических ресурсов в 2020 году, в основном, формировался за счёт тресковых видов рыб, в том числе минтая, трески, путассу северной, пикши, – 2 577,44 тыс. т. Значительную долю в суммарном объёме добычи составляют сельдь – 504,93 тыс. т, лососи – 306,31 тыс. т, скумбрия – 233,43 тыс. т, а также беспозвоночные – 295,27 тыс. т (в том числе, крабы и кальмары – 93,39 и 123,59 тыс. т, соответственно).

Структура добычи водных биологических ресурсов по основным видам рыб в 2020 году представлена на рис. 2. Представленная структура добычи водных биоресурсов, по всей видимости, не претерпит существенных изменений в среднесрочной перспективе, и видовой состав рыбных ресурсов может быть положен в основу баланса потребления рыбной продукции населением страны с учётом возросшей нормы до 28 кг.

Если мы посмотрим на общую картину потребления основных продуктов питания с фокусировкой на рыбные продукты, то увидим негативную тенденцию. Это обусловлено снижением спроса в условиях устой-

⁴ Утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ 22.07.2021. Доступно через: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_395381/



Рис. 1. Объём добычи водных биоресурсов и производство товарной аквакультуры в 2016–2021 гг., тыс. т

Fig. 1. The volume of extraction of aquatic biological resources and the production of commercial aquaculture in 2016–2021, thousand tons



Рис. 2. Структура добычи водных биологических ресурсов в 2020 году, %

Fig. 2. Structure of extraction of aquatic biological resources in 2020, %

чивого предложения рыбной продукции на внутреннем рынке, основные причины связаны с падением располагаемых доходов населения за последнее время и на фоне физической доступности рыбной продукции, экономическая доступность значительно снижается, особенно в домашних хозяйствах, имеющих низкий доход.

Так, согласно данным Росстата, потребление рыбной продукции на душу населения с 2011 г. снизилось на 5,3 кг с 25,3 кг до 20 кг в 2020 году в живом весе (весе сырца) (табл. 1).

Ценовая конъюнктура на рынке рыбной продукции за последнее время постоянно меняется и, несмотря на падение реальных доходов населения, рост цен на различные виды рыбной продукции продолжается. Так, за период 2016–2019 гг. динамика цен на рыбную продукцию была значительно выше, чем по всей продовольственной группе, в 2020 году рост цен на рыбную продукцию стал сопоставим с ростом на основные продовольственные товары [Колончин и др., 2021].

Ниже представлены данные по изменению цен за последние три года на различные виды рыбной продукции, общий тренд показывает постоянный рост цен в независимости от того к какой бы группе не относилась рыбная продукция (табл. 2).

Цена на рыбу мороженую неразделанную в 2016–2020 гг. в розничном сегменте рынка росла в пределах продовольственной инфляции (уровень продовольственной инфляции в 2020 г. – 6,7%; в 2021 г. – 10,6%) [Росстат подтвердил..., 2021, 2022,^{5,6}]. В 2021 году прослеживался рост цен выше уровня инфляции на охлаждённую продукцию и продукцию с высокой добавленной стоимостью. Так, цены на консервы рыбные с добавлением масла выросли выше уровня инфляции. Одной из причин следует считать

⁵ Росстат подтвердил оценку инфляции в РФ за 2020 год на уровне 4,9%. Доступно через: <https://www.interfax.ru/business/744841>. 30.01.2022.

⁶ Росстат подтвердил оценку инфляции в РФ за 2021 год на уровне 8,4%. Доступно через: <https://www.interfax.ru/business/815069>. 15.02.2022.

Таблица 1. Потребление основных продуктов питания Российской Федерации, на душу населения в год, кг
Table 1. Consumption of basic foodstuffs in the Russian Federation, per capita per year, kg

Продукты	Годы									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Картофель	96	97	94	93	91	90	90	89	89	86
Овощи и продовольственные бахчевые культуры	102	103	102	102	102	102	104	107	108	107
Фрукты и ягоды	59	60	63	63	60	60	59	61	62	61
Мясо и мясoproductы в пересчёте на мясо	71	74	75	74	73	74	75	75	76	76
Молоко и молочные продукты в пересчёте на молоко	243	246	245	239	233	231	230	229	234	240
Яйца и яйцепродукты, шт.	272	276	271	271	273	277	282	284	285	283
Рыба и рыбопродукты в живом весе (весе сырца)	25,3	27,2	27,3	25,7	22,3	22,3	22,9	20,2	21,1	20,0
Сахар	40	40	40	40	39	39	39	39	39	39
Масло растительное	13,5	13,7	13,7	13,8	13,6	13,7	13,9	14,0	14,0	13,9
Хлебные продукты (хлеб и макаронные изделия в пересчёте на муку, мука, крупа и бобовые)	119	119	118	118	118	117	117	116	116	116

Таблица 2. Ценовая динамика на рыбную продукцию, руб./кг, %
Table 2. Price dynamics for fish products, rub./kg, %

Продукты	2019	2020	2021	Темп прироста в 2020 г., %	Темп прироста в 2021 г., %
Рыба живая и охлажденная	196,0	204,9	230,1	4,5	12,3
Рыба охлажденная и мороженая разделанная лососевых пород	724,8	719,6	816,2	-0,7	13,4
Рыба солёная, маринованная, копченая	415,4	439,1	492,0	5,7	12,0
Рыба мороженая неразделанная	162,9	172,1	189,0	5,7	9,8
Консервы рыбные натуральные и с добавлением масла, 350 г	117,8	127,3	147,4	8,0	15,7
Консервы рыбные в томатном соусе, 350 г	74,2	82,9	93,1	11,8	12,2
Масла растительные и их фракции нерафинированные	41,4	49,6	84,7	19,7	70,7

значительное увеличение стоимости растительного масла, которое используется при изготовлении такой продукции как консервы рыбные. В 2021 году цены на этот вид товаров выросли на 70,7% относительно уровня 2020 г. (табл. 2).

Рост цен на социально значимые продукты питания государство в таких случаях обычно сдерживает в определённом коридоре, не допуская необоснованного роста с целью предотвращения социальных конфликтов в обществе. Учитывая значительную часть российского общества, которая имеет низкие доходы, в связи с чем домашние хозяйства тратят на продукты

питания значительную часть получаемых доходов, составляющих 40–60%, в то время как в промышленно развитых странах — 15–20%.

Согласно данным Росстата о структуре расходов домашних хозяйств на покупку продуктов питания расходы населения на приобретение рыбной продукции за 25 лет увеличились на 54% (табл. 3).⁷ В то же время, за последние три года уровень расходов остаётся стабильным, без значительных колебаний.

⁷ Структура расходов домашних хозяйств на покупку продуктов питания и безалкогольных напитков. Доступно через: <https://www.fedstat.ru/indicator/59185>. 10.02.2022.

Таблица 3. Структура расходов домашних хозяйств на покупку продуктов питания (% , значение показателя за год)
Table 3. Structure of household expenditures for the purchase of food (% , value of the indicator for the year)

№ п/п	Продукция	1995	2000	2005	2018	2019	2020
1.	Хлеб и хлебные продукты	17,56	18,22	18,50	16,76	16,74	17,23
2.	Картофель	2,22	1,94	1,75	1,48	1,48	1,42
3.	Овощи и бахчевые	6,28	5,62	6,75	7,64	7,84	7,81
4.	Фрукты и ягоды	5,91	5,43	6,75	7,85	7,94	8,26
5.	Мясо и мясные продукты	28,28	29,46	32,75	30,54	30,30	29,22
6.	Рыба и рыбные продукты	4,62	5,62	6,50	6,47	7,42	7,12
7.	Молоко и молочные продукты	15,90	14,34	15,00	7,32	7,42	7,35
8.	Сахар и кондитерские изделия	12,94	13,37	7,50	1,59	1,59	1,65
9.	Яйца	3,14	2,71	2,00	18,77	17,69	18,37
10.	Масла растительного и других жиров	3,14	3,29	2,50	1,59	1,59	1,57

Представленные данные в табл. 3 показывают относительно стабильную и невысокую динамику в расходах на мясные продукты, хлеб и хлебобулочные изделия, овощи и фрукты, однако рост расходов на рыбу и рыбные продукты демонстрирует иную тенденцию.

Если проанализировать происходящие изменения за трёхлетний период с 2018 по 2020 гг. в расходах домашних хозяйств по федеральным округам, то здесь мы не видим больших расхождений. Расходы на рыбную продукцию находятся в диапазоне 7–9%. Это говорит о том, что рыбная продукция в рационе питания населения в различных регионах страны остаётся стабильной, и спрос на неё сохраняется в пределах покупательной способности (табл. 4).

Таблица 4. Расходы домашних хозяйств на рыбную продукцию по субъектам Российской Федерации (% , значение показателя за год)

Table 4. Household expenditures on fish products by constituent entities of the Russian Federation (% , value of the indicator for the year)

Субъект	2018	2019	2020
Дальневосточный федеральный округ	6,7	7,8	7,8
Приволжский федеральный округ	7,5	7,9	7,8
Северо-Западный федеральный округ	5,4	6,9	6,7
Северо-Кавказский федеральный округ	9,7	10,1	9,4
Сибирский федеральный округ	7,5	8,2	7,9
Уральский федеральный округ	6,9	7,9	8,0
Центральный федеральный округ	5,1	6,1	5,9
Южный федеральный округ (с 29.07.2016)	6,7	7,8	7,2
Российская Федерация	6,5	7,4	7,1

Уровень потребления рыбной продукции населением в значительной степени зависит не только от уровня цен на рынке, но и от сформировавшейся культуры её потребления. Так, в прибрежных районах уровень потребления выше, чем в регионах, удалённых от районов промысла водных биоресурсов.

Вместе с тем, следует отметить, что в Северо-Кавказском и Уральском регионах относительно высокий уровень расходов на рыбную продукцию может быть связан с ценовой конъюнктурой рыбной продукции на региональных рынках.

Методология обеспеченности внутреннего рынка России рыбной продукцией основана на применении показателя среднеловового потребления рыбы и рыбопродуктов. В настоящее время при определении уровня потребления рыбной продукции населением Российской Федерации, согласно официальной методологии, этот показатель рассчитывается в весе сырца, в расчёт вошёл вес сырой целой рыбы с частями, неупотребляемыми в пищу. На практике переводной коэффициент принимается на уровне 0,3 к объёмам добычи.

Показатель среднеловового потребления рыбы и рыбопродуктов рассчитывается на основе балансового метода с учётом потребления собственной продукции, так и объёмов импорта.

Одним из основных критериев эффективной деятельности рыбохозяйственного комплекса является рост добычи водных биоресурсов и доставка их до конечного потребителя. Введённые новые нормы потребления рыбной продукции до уровня 28 кг на человека потребуют корректировки государственных программ с применением мер таможенно-тарифной и налоговой политики для сбалансированности экспортных операций российскими рыбопромышленными компаниями, для насыщения внутреннего рынка не-

Таблица 5. Расчёт потребления рыбной продукции населением Российской Федерации
Table 5. Calculation of the consumption of fish products by the population of the Russian Federation

Наименование показателя	Единица измерения	Значение
Объем добычи (вылова) водных биоресурсов	т	5 000 000,00
Объем производства (выращивания) товарной рыбы и других объектов промышленного рыбоводства	т	320 000,00
Экспорт	т	2 250 000,00
Импорт	т	600 000,00
Ресурсы	т	3 670 000,00
Население	чел.	146 000 000,00
Потребление на душу населения (вес продукции)	кг/чел.	28,00
Внутреннее потребление в натуральном измерении	т	5 314 400,0
Дефицит в натуральном выражении в весе живой рыбы	т	1 644 400,00

обходимыми ресурсами рыбной продукцией [Колончин и др., 2019].

На основе балансового принципа расчёта показателя потребления рыбы и рыбной продукции населением России можно рассчитать необходимый объём сырья в натуральном выражении для выполнения нормы потребления (табл. 5).

С учётом численности населения России (по официальным данным около 146 млн человек) и норме потребления в 28 кг объём внутреннего потребления в натуральном выражении должен быть на уровне 4,1 млн т.

При объёме добычи (вылова) водных биоресурсов в 5 млн т, экспорте 2,2 млн т, объёме производства товарной аквакультуры 320 тыс. т, импорте — 600 тыс. т и внесении изменений в норму потребления рыбной продукции 28 кг, образуется дефицит объёма продукции на внутреннем рынке в размере 418 тыс. т. При переводе полученного объёма в вес живой рыбы (вес сырья) объём увеличивается до 1,6 млн тонн.

Покрытие дефицита может осуществляться разными способами. Обеспечение необходимого объёма продукции на внутреннем рынке возможно за счёт увеличения добычи (вылова) водных биологических ресурсов в Мировом океане и в зонах юрисдикции иностранных государств в соответствии с распределением национальных квот. Так же, возобновление промысла антарктического криля в Антарктике увеличит объём добычи водных биоресурсов. В Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса до 2030 года⁸ указано о необходимости наращивания объёмов добычи (вылова) тунца.

В период с 2016 по 2021 гг. средний темп роста объёмов производства продукции товарной аквакультуры составил 13%. Наращивание объёмов производства аквакультуры является перспективным направлением обеспечения населения рыбной продукцией [Колончин и др., 2019].

Для решения поставленных задач необходим подход к вопросу насыщения внутреннего рынка качественной и доступной продукцией [Колончин и др., 2020].

Переход страны на рельсы рыночной экономики привёл к сокращению реальных доходов населения и росту уровня безработицы. Уровень бедности продолжает оставаться на высоком уровне, при этом число граждан, имеющих доходы ниже прожиточного минимума, составляет 17–18%.

Сложная экономическая ситуация потребовала от органов государственной власти решать проблемы малоимущих категорий граждан, чтобы избежать социальной напряжённости в регионах страны. По поручению Президента России Правительством была разработана Концепция развития внутренней продовольственной помощи в Российской Федерации, (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 03.07.2014 № 1215-р⁹) и утверждён План мероприятий по её реализации (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 11.10.2014 № 2028-р¹⁰) [Серегин, 2016].

⁹ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 3 июля 2014 г. № 1215-р «Об утверждении Концепции развития внутренней продовольственной помощи в Российской Федерации». Доступно через: <https://docs.cntd.ru/document/420206166>.

¹⁰ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 11 октября 2014 г. № 2028-р «План мероприятий по реализации Концепции развития внутренней продовольственной помощи в Российской Федерации». Доступно через: <https://rulings.ru/government/Rasporyazhenie-Pravitelstva-RF-ot-11.10.2014-N-2028-r/>

⁸ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2019 года № 2798-р «Об утверждении Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года и плана мероприятий по её реализации». Доступно через: <https://docs.cntd.ru/document/563879849?marker=65801P>

Таблица 6. Прогнозный баланс ресурсов рыбной продукции в Российской Федерации на период до 2030 г. (тыс. т)
Table 6. Forecast balance of resources of fish products in the Russian Federation for the period up to 2030 (thousand tons)

Показатели	2017 г.	2020 г.	2025 г.	2030 г.	
				Сценарии развития	
				I	II
Рыбы	4 520,1	4 679,5	6 150,0	7 050,0	7 450,0
Беспозвоночные	421,6	295,3	497,0	515,0	545,0
Продукция аквакультуры	179,6	291,2	605,1	950,0	1,15
Импорт (рыбная продукция, беспозвоночные)	600,7	593,0	320,0	200,0	450,0
Ресурсы	5 721,3	5 859,0	7 572,1	8 715,0	9 295,0
Потребление	2 960,0	3 278,0	3 300,0	3 950,0	4 500,0
Экспорт рыба с учётом беспозвоночных	2 150,0	2 242,4	4 020,0	4 460,0	4 550,0
Остатки на конец года в промышленности и торговле, пр. нужды	611,3	632,5	252,1	305,0	245,0
Потребление рыбы на душу населения	18–20	21–22	23–25	25–28	28–30



Рис. 3. Целевой показатель Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса «Потребление рыбы и рыбопродуктов в домашних хозяйствах РФ»,* кг в год

Fig. 3. Target indicator of the Strategy for the development of the fishery complex «Consumption of fish and fish products in the households of the Russian Federation», kg per year

* Распоряжение Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2019 года № 2798-р «Об утверждении Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года и плана мероприятий по ее реализации». Доступно через: <https://docs.cntd.ru/document/563879849?marker=6580IP>

Практика обеспечения бедных слоёв населения продовольствием существует во многих странах, в том числе и промышленно развитых. К примеру, в США расходы государственного бюджета на продовольственную помощь населению в 2015 г. составили примерно 114 млрд долл. США. Этим видом поддержки пользуются 56 млн человек, при этом только продовольственные талоны для малоимущих выдаются на сумму 76 млрд долл. США. В России этим видом помощи может быть охвачено более 30 млн человек.

К сожалению, этот важный государственный документ не был реализован ввиду дефицита бюджетных средств, однако к нему государству необходимо будет вернуться, чтобы избежать социальных конфликтов в нашем обществе [Колончин и др., 2020].

Другим подходом к обеспечению населения качественной и полезной рыбной продукцией является финансирование расходов на приобретение продук-

тов питания государственных учреждений социальной защиты населения и образования. Рыба, приобретаемая в этих целях государством, должна быть качественной и вкусной, с применением современных технологий производства продукции, что позволит заложить основу для формирования пищевой привычки потребления рыбной продукции, начиная со школьного возраста.

С учётом сложившейся структуры добычи водных биоресурсов для покрытия дополнительных объёмов для доведения потребления до 28 кг, очевидно, будут использоваться морепродукты невысокого ценового сегмента — тресковые виды рыб, сельдь, лососи, скумбрия и ряд других. Если с дополнительными ресурсами всё понятно, то вопросы поставки рыбной продукции из рыбохозяйственных бассейнов, логистика требуют детальной проработки и проведения расчётов конечной стоимости рыбной продукции для до-

машних хозяйств. Северный рыбохозяйственный бассейн расположен территориально ближе к основным потребителям, и стоимость доставки здесь намного ниже, чем с Дальнего востока. Здесь и ресурсов недостаточно для решения данного вопроса, тем более что из этого региона также осуществляется экспорт рыбной продукции. В условиях рыночной экономики хозяйствующим субъектам предоставлены широкие полномочия для сбыта своей продукции и государство не вправе вмешиваться в их хозяйственную деятельность. Однако мы рассматриваем проблему, которая затрагивает общественные интересы, и в арсенале государства имеется большой набор мер для регулирования вопросов экспортно-импортной политики, фискальных мер государства, мер государственной поддержки бизнеса для обеспечения внутреннего рынка рыбной продукцией в необходимых объёмах [Колончин и др., 2021].

Рассматриваемые вопросы не простые, требующие средств бюджетной поддержки и их быстро решить, по всей видимости, не получится, но разработка комплекса мер на государственном уровне с привлечением органов государственной власти регионов и представителей бизнеса обеспечит достижения поставленной цели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современный этап развития нутрициологии открывает новые возможности для укрепления здоровья и продления экономически активного образа жизни всех социальных слоёв нашего общества за счёт поставки на продовольственный рынок большого ассортимента продуктов здорового питания функционального и специального назначения, органической продукции. В эту номенклатуру пищевой продукции входят и продукты, выработанные из водных биологических ресурсов, которые пользуются стабильным спросом практически во всех регионах страны. Важную роль для обеспечения здорового питания среди населения играет государство, которое должно, в том числе, в средствах массовой информации проводить социальную рекламу о потребностях и пользе тех или иных продуктов питания в целях укрепления здоровья человека. И в этом плане особенно важно популяризировать продукцию из водных биологических ресурсов, без которой невозможно обеспечить сбалансированный рацион питания как взрослого, так и детского населения нашей страны. Рассматриваемая нами проблема о возможном увеличении потреблении рыбы до 28 кг в год на человека имеет два измерения и несколько вариантов её решения. Если рассматривать вопрос об объёмах необхо-

димых ресурсов для решения данной задачи, то они, несомненно, есть и значительно превышают потребности внутреннего рынка, о чём мы уже выше говорили. Достаточен и ассортимент рыбной продукции для удовлетворения потребительских предпочтений различных групп населения. С экономической точки зрения, таким образом, обеспечена в полном объёме физическая доступность этих видов пищевой продукции для всех социально-демографических слоёв общества. Вторая сторона данного вопроса заключается в том, как обеспечить экономическую доступность — этот вопрос более сложный и требует корректировки проведения социально-экономической политики государства с целью повышения общего благосостояния всего населения России и снижения уровня бедности. Повышение темпов роста экономики народного хозяйства до уровня выше 5–6% позволит решить рассматриваемую нами проблему, а эта задача высшим руководством страны поставлена и, несомненно, будет достигнута.

Смена подходов и ориентиров в реализации государственной политики здорового питания, направленная и на расширение ассортимента товаров из рыбы и морепродуктов, продвижение на внутреннем рынке и взаимодействие с наукой по расширению номенклатуры вырабатываемой продукции, обеспечит в обозримой перспективе не только достижение установленной нормы, но и превышение её.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках научных исследований по Теме 22 «Разработка механизмов и мер государственного регулирования (воздействия) стабилизации и развития внутреннего рынка и экспорта рыбных товаров» Государственного задания на 2022 год.

ЛИТЕРАТУРА

- Колончин К.В., Бетин О.И., Волошин Г.А., Горбунова М.А. 2021. Мониторинг цен на рыбу мороженую на внутреннем рынке. Анализ динамики, определение факторов изменения // Вопросы рыболовства. Т. 22. № 3. С. 97–110.
- Колончин К.В., Бетин О.И., Волошин Г.А., Горбунова М.А. 2021. Анализ цен рыбной продукции на внутрироссийском рынке // Труды ВНИРО. Т. 185. С. 113–119.
- Колончин К.В., Серегин С.Н., Сысоев Г.В. 2019. Ресурсный и научно-технический потенциал в динамике экономи-

ческого роста продовольственного комплекса России // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. № 8. С. 21–34.

Колончин К.В., Серегин С.Н., Сысоев Г.В. 2020. Пищевой комплекс России — 2019 год: результаты и задачи предстоящего периода в новых условиях развития. Пищевая пром-ть № 9. С. 34–40.

Колончин К.В., Серегин С.Н., Сысоев Г.В. 2021. Новая модель социального развития и экономика природосбережения — основной вектор аграрной политики // Пищевая пром-ть. № 12. С. 38–50.

Сандракова И.В., Резниченко И.Ю. 2019. Исследование потребителей продуктов здорового питания // Практический маркетинг. № 12 (274). С. 22–27.

Серегин С.Н. 2016. Внутренняя продовольственная помощь — региональный аспект реализации социального проекта // Пищевая промышленность. № 8. С. 32–35.

Kolonchin K. V., Seregin S. N., Sysoev G. V. 2019. Resource and scientific and technical potential in the dynamics of economic growth of the food complex in Russia // Economics of agricultural and processing enterprises. № 8. S. 21–34.

Kolonchin K. V., Seregin S. N., Sysoev G. V. 2020. Food complex of Russia-2019: results and tasks of the upcoming period in the new conditions of development. Food Industry. № 9. S. 34–40.

Kolonchin K. V., Seregin S. N., Sysoev G. V. 2021. A new model of social development and environmental economics — the main vector of agrarian policy // Food industry. № 12. S. 38–50.

Sandrakova I. V., Reznichenko I. Y. 2019. A study of healthy food consumers // Practical Marketing. N. 12 (274). pp. 22–27.

Seregin S. N. 2016. Domestic food assistance — a regional aspect of the implementation of a social project // Food industry. № 8. S. 32–35.

REFERENCES

Kolonchin K. V., Betin O. I., Voloshin G. A., Gorbunova M. A. 2021. Monitoring of prices for frozen fish in the domestic market. Analysis of dynamics, determination of factors of change // Fishing Issues. T. 22. № 3. S. 97–110.

Kolonchin K. V., Betin O. I., Voloshin G. A., Gorbunova M. A. 2021. Analysis of the prices of fish products in the domestic market // Proceedings of VNIRO. T. 185. S. 113–119.

Поступила в редакцию 04.04.2022 г.

Принята после рецензии 20.04.2022 г.



Экономика, международное сотрудничество и нормативные правовые основы рыбохозяйственной деятельности

Учёт и контроль в цифровой среде для обеспечения устойчивого развития рыбохозяйственного комплекса России

А.Х. Курманова¹, Е.М. Дусаева², А.С. Труба²

¹ Оренбургский государственный университет (ФГБОУ ВО «ОГУ»), пр-т Победы, 13, г. Оренбург, 460018

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

E-mail: gachok_muslim@mail.ru

Цель работы: исследовать изменения в бухгалтерском учёте и контроле, связанные с цифровыми технологиями, и преимущества учётно-аналитической информации в управлении рыбохозяйственной деятельностью на принципах устойчивого развития.

Используемые методы: диалектический, монографический, метод научных абстракций, сравнения и эмпирического обобщения позволили выделить особенности учёта и контроля рыбохозяйственного комплекса в цифровой среде.

Элемент новизны: цифровые технологии в бухгалтерском учёте и контроле развивают методологию и практические подходы к их организации в направлении оперативного управления рыбохозяйственной деятельностью на всех уровнях, позволяют менеджменту принимать управленческие решения по соблюдению принципов устойчивого развития.

Результаты исследования: цифровая среда меняет подходы к организации учёта и контроля в направлении прозрачности, точности, оперативности информации, не изменяя содержание методологии бухгалтерского учёта. Интеграция учётно-аналитической информации с другими источниками в цифровой среде обеспечивает систему управления и принятия решений для устойчивого функционирования производственных структур рыбохозяйственного комплекса.

Практическая значимость: соблюдение принципов и качественное выполнение функций учёта и контроля в цифровой среде расширяют информационное пространство для выработки управленческих решений в системе добычи, переработки водных биологических ресурсов, продвижения рыбной продукции на рынки, при этом сокращаются затраты времени и трудоёмкость получения информации, повышаются оперативность и результативность.

Ключевые слова: устойчивое развитие, рыбохозяйственный комплекс, бухгалтерский учёт, электронный промысловый журнал, блокчейн.

Accounting and control in the digital environment to ensure the sustainable development of the Russian fisheries complex

Aliya H. Kurmanova¹, Eugenia M. Dusaeva², Anatlii S. Truba²

¹ Orenburg State University («OSU»), 13, Pobedy Ave., Orenburg, 460018, Russia

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

The purpose of the work is to investigate changes in accounting and control related to digital technologies and the advantages of accounting and analytical information in the management of fisheries activities based on the principles of sustainable development.

The methods used – dialectical, monographic, the method of scientific abstractions, comparison and empirical generalization allowed us to highlight the features of accounting and control of the fisheries complex in the digital environment.

An element of novelty – digital technologies in accounting and control develop methodology and practical approaches to their organization in the direction of operational management of fisheries activities at all levels, allow management to make management decisions on compliance with the principles of sustainable development.

Research results – the digital environment is changing approaches to the organization of accounting and control in the direction of transparency, accuracy, efficiency of information, without changing the content of accounting methodology. Integration of accounting and analytical information with other sources in the digital environment provides a management and decision-making system for the sustainable functioning of the production structures of the fisheries complex.

Practical significance – compliance with the principles and high-quality performance of accounting and control functions in the digital environment expands the information space for making management decisions in the system of extraction, processing of aquatic biological resources, promotion of fish products to markets, while reducing the time and complexity of obtaining information, increasing efficiency and effectiveness.

Keywords: sustainable development, fisheries complex, accounting, electronic fishing journal, blockchain.

ВВЕДЕНИЕ

Государственные программные документы о стратегических национальных целях России¹ и Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса до 2030 г.² предполагают структурные преобразования на макро- и микроуровне. На макроуровне создаётся институциональная среда и формируется государственное системное регулирование рыбного хозяйства в целях устойчивого развития. На микроуровне в бизнес-структурах и хозяйствующих субъектах инфраструктуры будет проведена цифровая трансформация, направленная на повышение экономической эффективности производства, увеличение добавленной стоимости за счёт безотходных технологий переработки и сокращения потерь водных биологических ресурсов в рыбохозяйственном комплексе страны. Цифровизация и цифровая трансформация, представленные в национальном проекте как важные элементы институциональной среды, определяют условия и инструменты для устойчивого развития и перехода к новому технологическому укладу.

Взаимодействие государственного и хозяйственного управления ориентирует бизнес в рыбохозяйственной деятельности на соблюдение принципов устойчивого развития и повышение уровня доходности посредством внедрения инновационных технологий в процессы добычи и переработки водных биологических ресурсов. Моральный и физический износ оборудования перерабатывающих, сбытовых, холодильных и рефрижераторных предприятий, а также на судах и в морских портах является препятствием для устойчивого развития. Обновление и модернизация машин и оборудования в производственной цепочке рыбохозяйственного комплекса, оптимизация затрат ресурсов, исключение потерь водных биологических ресурсов и энергоресурсов на всех этапах производства, построение экономических отношений с транспортными и логистическими системами для поставок на внутренние и внешние рынки рыбных товаров и морепродуктов являются определяющими направлениями устойчивого развития. Выработка и принятие решений, а также контроль за соблюдением законодательных и правовых норм бизнесом требуют информационного обеспечения, в котором особое значение имеет бухгалтерский учёт.

¹ Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (с изменениями и дополнениями // <https://base.garant.ru/71937200/>

² Распоряжение Правительства РФ от 26 ноября 2019 г. № 2798-р «Об утверждении Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года и плана мероприятий по её реализации» // <https://docs.cntd.ru/document/563879849>

Развитие и внедрение цифровых технологий в бухгалтерский учёт меняют традиционные способы сбора, обработки и предоставления информации, ускоряют процессы гармонизации и интеграции с другими информационными ресурсами и цифровыми системами. Использование преимуществ информации бухгалтерского учёта, обусловленных методологией и качественным выполнением функций в цифровой среде, повышает эффективность менеджмента. Развивающиеся блокчейн-технологии гарантируют прозрачность, доступность и исключение искажений в достоверной и полной цифровой информации бухгалтерского учёта об объектах для выработки вариантов решений и их принятие на всех уровнях управления. Но высокая стоимость работ и не устоявшиеся в полной мере для учёта положения ограничивают их применение. Тем не менее, расширение информационного пространства при цифровых технологиях и цифровой учётно-аналитической информации в управлении рыбохозяйственной деятельностью способствуют соблюдению принципов устойчивого развития.

В настоящее время с вводом международных санкций разрабатываются меры и инструменты государственной поддержки в целях устойчивого развития рыбохозяйственного комплекса. Они направлены на эффективное функционирование производственных структур, наполнение внутреннего рынка рыбными товарами и морепродуктами, увеличение добавленной стоимости при экспорте на внешние рынки. Проведение этих мер с обоснованием решений и отражение в бухгалтерском учёте затрат и результатов раскрывают их эффективность и укрепляют позиции страны по экономической и продовольственной безопасности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Устойчивое развитие рыбохозяйственного комплекса как глобальная цель управления всех уровней в сложившейся институциональной среде будет достигнуто при осуществлении научно-технологического прорыва и формировании цифровой экономики. Впервые термин «цифровая экономика» (digitaleconomy) в 1995 г. применил американский учёный из Массачусетского университета Николас Негропonte при раскрытии концепции электронной (цифровой) экономики с информационно-коммуникационными технологиями [Бухтиярова, 2019].

Первоначально термин «цифровая экономика» вызвал множество дискуссий в научной среде и в обществе от неприятия до исследования и разъяснения её содержания. Стремительное распространение

Интернета, развитие коммуникационных технологий и цифровых инструментов не оставили сомнений в принятии термина. В настоящее время данное понятие очень часто используют не только в научных публикациях, экономическом обороте, но и в национальных проектах, законодательных актах и представляется как важный неотъемлемый элемент информационного и научно-технологического развития страны.

Переход к цифровой экономике в России совпал с неблагоприятными внешними условиями и ухудшением отношений со странами — лидерами цифровизации, которые оказывают санкционное давление и создают препятствия в обмене технологическими новшествами. Преодоление этих сложностей состоит в стимулировании деятельности отечественных IT-предприятий и мотивации специалистов информационной сферы в создании собственной технической и интеллектуальной базы цифровизации. В стране ожидаемы глубокие преобразования технических, технологических, организационных и экономических основ функционирования хозяйствующих субъектов во всех сферах экономики и изменения в жизни общества. Цифровая трансформация производственных, вспомогательных, обслуживающих отраслей экономики, в частности в рыбохозяйственном комплексе, приводит к созданию новых форм взаимодействия и коммуникаций между экономическими субъектами и контрагентами в открытой и прозрачной цифровой среде. Преобразования затрагивают организационные структуры, управленческие функции, усиливая системность и оперативность принятия решений для повышения эффективности производства и снижения рисков и потерь ресурсов. В цифровой среде длительное функционирование хозяйствующих субъектов на рынке и получение стабильных доходов обеспечиваются системным подходом к преобразованиям технологической производственной базы рыбохозяйственного комплекса и взаимовыгодными экономическими отношениями. В настоящее время полному исключению потерь водных биологических и других ресурсов на всех стадиях производства, начиная с добычи, переработки и сбыта потребителю рыбных товаров и морепродуктов, препятствуют физически и морально изношенные рыболовные суда, оборудование с высоким уровнем энергоёмкости. Значительная доля ручного труда снижает мотивацию и привлекательность рабочих мест в рыболовстве. Сложные и экономически невыгодные отношения между добывающими, перерабатывающими и торговыми бизнес-структурами рыбохозяйственного комплекса, множество посредников в продвижении рыб-

ных товаров и морепродуктов к потребителю вызывают рост цен на рынке и делают их недоступными для большей части населения страны. Создание оптовых продовольственных рынков, функционирующих на цифровых платформах, доступных для всех желающих и в некоторой степени сокращающих монопольные тенденции, является одним из решений в этой области.

В условиях международных санкций тесное взаимодействие государства, общества и бизнеса позволит реализовать национальные проекты и обеспечить устойчивое развитие. Правительство Российской Федерации для преодоления внешнего давления на рыбохозяйственный комплекс поручает Министерству сельского хозяйства и Росрыболовству осуществлять постоянный мониторинг состояния комплекса с информацией об объёмах добычи водных биологических ресурсов, обеспечении рыбным сырьём, переработку в прибрежной зоне и бесперебойную работу рыбопромыслового флота. Правительство Российской Федерации считает, что снижение административных барьеров, поддержка бизнеса, импортозамещение кормов и посадочного материала в аквакультуре, комплектующих для строительства судов минимизируют риски сокращения объёмов производства и других негативных тенденций в экономике рыбного хозяйства. Так же отмечается важность развития рыбохозяйственной науки и исследований по оценке запасов водных биологических ресурсов и обоснования режимов и объёмов изъятия без ущерба их воспроизводству. Азово-Черноморскому бассейну осуществляется государственная поддержка и направляется 50 млн рублей. В 2023–2025 гг. планируется выделить 11,5 млрд руб. для строительства научно-исследовательских судов.³ Также принято решение о выделении 1,02 млрд руб., из которой 490 млн руб. предназначено на экспедиции по уточнению запасов водных биологических ресурсов, 200 млн руб. — на ремонт учебных парусников «Седов» и «Круzensхтерн», 45 млн рублей — на капитальный ремонт научно-исследовательского судна «Профессор Левакидов».⁴

Таким образом, обоснованные решения на государственном уровне в финансовом и реальном секторе экономики России способствуют использованию конкурентных преимуществ по сохранению и эффективному использованию ресурсного, материального

³ 15 апреля 2022 г. Виктория Абрамченко провела заседание Правительственной комиссии по развитию рыбохозяйственного комплекса <http://government.ru/news/45129/>

⁴ Распоряжение от 16 апреля 2021 г. № 999-р, Распоряжение от 16 апреля 2021 г. № 1000-р <http://government.ru/docs/41997/>

и человеческого потенциала страны. В связи со сложившимися запретами в международных отношениях меры по адаптации бизнеса помогут эффективному функционированию рыбохозяйственного комплекса по принципам устойчивого развития и проведения дальнейших действий, повышающих экономическую, социальную и экологическую эффективность производства рыбных продуктов. Высокое качество рыбных товаров и морепродуктов, востребованных потребителем на внутреннем рынке, гарантирует выполнение индикаторов новой Доктрины продовольственной безопасности⁵ и достижение национальных целей. Институциональная среда с цифровыми технологиями в управлении факторами научно-технологического прорыва нацеливает на применение инновационных подходов в организации бизнес-процессов. В формируемой цифровой экономике трансформация производственных цепочек рыбохозяйственного комплекса с реализацией триединой основы – экономической, экологической и социальной, составляющих устойчивого развития, предполагает в каждом звене осуществлять поиск и использование внутренних резервов и создание новых механизмов, позволяющих снижать экологические риски, повышать доходы, привлекать инвестиции в рыбное хозяйство. Увеличение добавленной стоимости на основе безотходных технологий переработки рыбного сырья и расширения ассортимента рыбных товаров в соответствии с потребительским спросом на рынке ведёт к становлению устойчивых тенденций экономического роста без ущерба экологии океану, водным системам и водным биологическим ресурсам. Повышение трудовой занятости населения в прибрежных зонах и улучшение питания людей доступной по цене рыбой и морепродуктами при реализации всех принятых мер государственным и хозяйственным управлением станут реальной действительностью. Эти положения согласуются с принципами устойчивого развития, требованиями продовольственной безопасности страны, и производственные структуры рыбохозяйственного комплекса должны трансформировать и адаптировать бизнес для их выполнения.

В управлении рыбохозяйственным комплексом России экосистемные подходы в обеспечении устойчивого развития предполагают техническую модернизацию и технологическое обновление производства и переработки рыбного сырья. Цифровая трансформация с устаревшими основными производственными фондами невозможна. Производственные структуры,

используя доступные инструменты государственного влияния, такие как льготное кредитование и налогообложение, лизинг и разные формы государственной поддержки, могут в короткие сроки провести обновление основных средств и освоить новейшие технологии в добыче и переработке рыбного сырья.

Разработка вариантов и принятие обоснованных управленческих решений по всем направлениям деятельности предприятия зависят от качества информационного обеспечения, скорости предоставления, достоверности и полноты информации. Бухгалтерский учёт как совершенная система информации о хозяйственной деятельности предприятия играет особую роль. В силу традиционной методологии и обязательной законодательной основы им раскрывается полная картина финансового положения хозяйствующего субъекта, даётся стоимостная оценка состояния активов и обязательств за временной период и на конкретную дату. На бухгалтерских счетах систематизируются все происходящие экономические события с активами, источниками финансирования, обязательствами и их выполнением. Применение статистических методов обработки информации счетов за длительный период времени позволяет выявить тенденции и закономерности их движения, особенности в использовании активов, наличие преднамеренных действий к банкротству или другим противоправным актам, противоречащим допущениям бухгалтерского учёта о непрерывности и долговременности функционирования предприятия.

В условиях действия международных санкций и неопределённости внешних условий в менеджменте возникает потребность в прогнозных и предиктивных детализациях на основе бухгалтерской информации. Задача менеджмента выявить особенности сегментов рыбного рынка от добычи, дистрибуции, переработки и аквакультуры и факторов, препятствующих продвижению рыбных товаров к потребителю. В каждом сегменте рынка функционируют организации, специализирующиеся на отдельных этапах производственной цепочки. Бухгалтерский учёт в этих предприятиях, отвечая требованиям закона, бухгалтерским стандартам, принятой учётной политике организации, проводит непрерывное наблюдение за объектами в цифровой среде, что позволяет раскрывать стоимость и движение активов, степень исполнения обязательств, расходы и доходы каждого сегмента рынка. Затраты и потери ресурсов каждого этапа продвижения рыбных товаров и морепродуктов ощутимо влияют на ценообразование и оплачиваются конечным потребителем. Поэтому ведение раздельного учёта затрат по видам деятельности на рыболовных судах, распределение

⁵ Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» // <https://base.garant.ru/73438425/>

косвенных расходов, полный учёт уловов, прилова, выхода продукции в результате переработки рыбного сырья являются важными вопросами организации бухгалтерского учёта в цифровой среде. Для их решения следует исследовать каждый объект учёта с точки зрения участия в рыбохозяйственной деятельности в соответствии с правилами рыболовства, бухгалтерскими стандартами и нормативным регулированием, а также каждую методику учёта, оценки и распределения затрат по объектам обосновывать и раскрывать в учётной политике организации.

При промышленном и прибрежном рыболовстве во внутренних водах и внутренних морских водах Российской Федерации пользователи (за исключением граждан) ежедневную рыбопромысловую деятельность обязаны отражать в промысловом журнале, а также составлять приёмо-сдаточные документы, подтверждающие сдачу либо приёмку уловов водных биоресурсов. За нарушения предусмотрены административные наказания согласно КоАП РФ. Промысловый и технологический журналы на судах, по которым разработаны подробнейшие инструкции по их регистрации и заполнению, после окончания ведения вместе с приёмо-сдаточными документами или их заверенными копиями в течение года должны храниться на борту или в рыбодобывающей организации. Эти документы являются основанием для бухгалтерских записей и дальнейших информационных обработок в системах мониторинга, надзора и в статистическом учёте.⁶

В промышленном и прибрежном рыболовстве Правилами рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна⁷ приняты особые условия для судов, доставляющих уловы водных биоресурсов в живом, свежем или охлаждённом виде. Учёт уловов в промысловом журнале по выбору пользователя может осуществляться как в местах добычи, так и в местах доставки и выгрузки, определённых органами государственной власти прибрежных регионов на территории этих субъектов Федерации, в том числе в морские порты. Пользователи ведут отдельный учёт добытых уловов, указывают весовое (размерное) соотношение видов в улове по видам водных биологических ресурсов в промысловом журнале в местах доставки. При этом необходимость в оборудовании

для взвешивания уловов отпадает. Учёт веса и видового состава уловов водных биоресурсов проводится при выгрузке в местах доставки. После выгрузки и определения фактического видового состава, в том числе прилова молоди, а также оформления приёмо-сдаточной документации сведения вносят в промысловый журнал и в судовые суточные донесения. О времени и месте выгрузки пользователи уведомляют пограничный орган не менее чем за три часа. Учёт всех видов водных биоресурсов осуществляется в местах доставки посредством прямого взвешивания на оборудовании для взвешивания уловов или способом поштучного пересчёта с последующим пересчётом на средний вес или объёмно-весовым методом. Правила рыболовства предусматривают ограничения для тех, кто учёт ведёт по месту доставки и выгрузки уловов. В течение одного рейса не допускается добыча в двух и более рыбопромысловых зонах (подзонах) двумя и более юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, имеющими право на вылов. Запрещается перегружать уловы водных биологических ресурсов с добывающих судов рыбопромыслового флота на иные суда. Пользователи считают эти ограничения необоснованными, а формулировки некорректными.⁸

Правила рыболовства в бассейнах устанавливают с учётом особенностей региона, разрешённых мест и орудий рыболовства. Внедрение цифровых технологий позволяют пользователям соблюдать правила и снимать проблемы учёта и контроля за рыбохозяйственной деятельностью. Создание Центра системы мониторинга рыболовства и связи (ЦСМС) считается начальным этапом цифровизации рыбохозяйственного комплекса и упорядочивания учётных процедур в рыболовстве. Отраслевая система мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов интегрирована с действующей с 1996 г. информационной системой «Рыболовство» и другими отраслевыми системами [Вилкин, 2019].⁹

Важным проектом ЦСМС является внедрение системы электронного промыслового журнала как основного источника по судовым суточным донесениям о вылове водных биологических ресурсов. Связь с порталом ЦСМС позволяет автоматизировать составление статистической оперативной и итоговой отчётности, получать в электронном виде разреше-

⁶ О требованиях к ведению промысловых журналов рыбопользователями и капитанами (бригадирами), осуществляющими непосредственную добычу водных биоресурсов, 17 февраля 2019. <https://sovgavadm.khabkrai.ru/Important/Prokuraturarazyasnyayet/1608>

⁷ Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 23.05.2019 № 267 «Об утверждении правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна»

⁸ Учёт в местах доставки — на выбор пользователя. 2019. <https://fishnews.ru/news/36614>

⁹ Вилкин А. Электронный промысловый журнал: от теории к «боевой» практике, 26 декабря 2019 г. // <https://fish.gov.ru/news/2019/12/26/elektronnyj-promyslovyy-zhurnal-ot-teorii-k-boevoy-praktike/>

ние на вылов рыбы из территориальных управлений Росрыболовства. Интеграция системы электронного промыслового журнала с ФГИС «ВетИС» Россельхознадзора позволяет формировать и получать в автоматизированном режиме ветеринарные сопроводительные документы на основании судовых суточных донесений в промышленном и прибрежном вылове [Прямухина, Шендо, 2021].

Система «Электронный промысловый журнал» разработана на базе платформы «1С: Предприятие 8» с помощью инструмента разработчика «1С: Библиотека стандартных подсистем». В системе происходит регистрация отдельных операций добычи и переработки сырья с указанием времени и места, координат начала и окончания, а также по перечню регистрируемых операций по международным требованиям и межгосударственному обмену информацией о рыбном промысле. Разработчиками предложены две версии программного комплекса «Электронный промысловый журнал», обеспечивающие учёт в промышленном и прибрежном рыболовстве. Версия «Судно» предназначена для учёта деятельности крупнотоннажных судов, версия «Стационарный объект» проводит учёт деятельности организаций, осуществляющих прибрежный лов рыболовецкими бригадами или с использованием маломерных судов. По данным ЦСМС внедрение системы «Электронный промысловый журнал» сократило расходы на 15%, трудозатраты в подразделениях на 40%, скорость составления управленческой отчётности выросла в два раза.

Система «Электронный промысловый журнал» представлена тремя частями. В части «Берег» — это серверная часть. Её функциями являются приём, валидация полученных данных с электронной подписью, накопление и обработка информации (отчётность, контрольные функции, интеграция с отраслевой системой мониторинга Федерального агентства по рыболовству). Часть «Судно» — это обособленно устанавливаемая судовая часть (клиентский модуль). Она обеспечивает регистрацию операций на судне, формирование отчётности (баланс рыбопродукции, остатки на борту), подписание электронной подписью и передачу по спутниковым каналам связи судового суточного донесения в часть «Берег». Часть «Стационарный объект» — обособленно устанавливаемый клиентский модуль в пунктах стационарной переработки водных биологических ресурсов, реализующая функции учёта и отчётности. Данные в часть «Берег» передаются как по спутниковым каналам связи или Интернетом.

Для организации бухгалтерского учёта в цифровой среде программный комплекс «Электронный промысловый журнал» имеет важное значение. Он обе-

спечивает прозрачность рыбопромыслового бизнеса, соблюдение правил рыболовства, непрерывность государственного контроля, гарантирует оперативность, сохранность рапортов судов рыбопромыслового флота, достоверность электронных документов, конфиденциальность и защиту информации. Снижение административных барьеров даёт возможность направить усилия менеджмента на улучшение качества технологических операций. Процесс организации учёта и составления отчётности в рыбодобывающих предприятиях и судах упрощается, а скорость предоставления информации позволяет оперативно регулировать рыбный промысел. По данным ЦСМС в настоящее время на 105 судах рыбопромыслового флота эксплуатируется (часть «Судно») а также в ФГБУ ЦСМС (часть «Берег»). Объёмы внедрения программного комплекса планируется увеличить до 5000 судов, 500 пунктов стационарной переработки, 250 рабочих мест в ФГБУ ЦСМС и подразделениях Росрыболовства [Вилкин, 2019].¹⁰

Эффективность мониторинга промысловой деятельности рыболовных судов повышается в результате автоматизации процесса составления промысловой отчётности. Это включает детализации отчёта о позиционировании с дискретностью до 1 мин., отчёта о промысловой деятельности с указанием времени, количества, характеристики промысловых операций, видов добытой рыбы и прилова, а также защиту промысловой информации от уничтожения, искажения, несанкционированного доступа, организации двусторонней связи для изменения режима позиционирования и получения детализированного отчёта по запросу с берега без участия экипажа судна [Проценко, 2013].¹¹

Цифровизация и цифровая трансформация в рыбохозяйственном комплексе вносит изменения в организацию учёта и контроля. Применение цифровых технологий в бухгалтерском учёте создаёт преимущества качественным воплощением принципов и выполнением функций с обеспечением повышения уровня прозрачности информации, отсутствием ошибок и сокращением затрат на обработку данных от начала проведения хозяйственной операции, её документирования и проведения всех учётных процедур до составления разных форм отчётности. Ускорение

¹⁰ Вилкин А. Электронный промысловый журнал: от теории к «боевой» практике, 26 декабря 2019 г. // <https://fish.gov.ru/news/2019/12/26/elektronnyj-promyslovyy-zhurnal-ot-teorii-k-boevoy-praktike/>

¹¹ Проценко И.Г. 2013. Основные характеристики и реализация электронного промыслового журнала. <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-harakteristiki-i-realizatsiya-elektronnogo-promyslovogo-zhurnala>

учётных процедур, исключение ошибок, вызываемых человеческим фактором и конфликтом интересов, совмещение функций бухгалтерского учёта в едином направлении формирования полной и достоверной информации об объектах с детализацией в различных аналитических разрезах предоставляет широкие возможности для современного менеджмента своевременно реагировать и оперативно управлять бизнес-процессами.

Методологические подходы и содержание функций в бухгалтерском учёте и контроле на основе цифровых технологий и инструментов в рыбохозяйственном комплексе модифицируются в соответствии с установленными в них требованиями: систематизации по признакам для оперативного управления, получения аналитической и обобщающей итоговой информации в ускоренном формате, передаче её в другие информационные системы. Цифровые технологии приводят к интеграции бухгалтерского учёта с другими информационными источниками и позволяют формировать глобальные информационные системы, к которым не ограничивается доступ пользователей. С одной стороны, это важно для проведения государственного и общественного контроля, а с другой стороны, даёт возможность каждому хозяйствующему субъекту функционировать в цифровой среде, использовать её для обеспечения устойчивости бизнеса, поиска партнёров, поставщиков и покупателей. Преимуществом информации бухгалтерского учёта для выработки и принятия решения является высокая степень достоверности и полноты информации о состоянии, движении активов и обязательств. Стоимостные, количественные и качественные характеристики объектов учёта могут быть использованы для моделирования и прогнозирования результатов по вариантам предполагаемых решений. Менеджмент на основе бухгалтерских данных об объектах имеет возможность точного расчёта финансовых затрат, определения технических и организационных рисков при обновлении, модернизации оборудования, внедрении новых технологий.

В бухгалтерском учёте внедрение информационных технологий начинали с применения электронных таблиц Microsoft Excel. Они позволяли систематизировать информацию по заданным признакам в отдельных таблицах с необходимой информацией и сводными итоговыми таблицами. Следующим этапом было внедрение специализированных программных продуктов «1С: Предприятие», «БЭСТ», «Парус» и других комплексов, которые перевели все бухгалтерские записи в автоматический режим и обеспечили анализ бухгалтерских счетов, хотя ввод данных в компьютер осуществляется вручную с первичных документов.

Далее формировался журнал хозяйственных операций, проводились записи на счетах и бухгалтерские процедуры для составления бухгалтерского баланса и отчётности, налоговых деклараций, внутрихозяйственных управленческих отчётов по центрам ответственности и местам возникновения затрат. При этом не исключались риски допущения ошибок и потери информации. Отдельным этапом применения информационных технологий, наряду с бухгалтерскими программными продуктами, стали интегрированные ERP системы управления предприятием. Объединение всех бизнес-процессов предприятия в единую систему по установленным правилам позволяло выполнять все функции менеджмента: планирование, организацию, учёт, анализ, контроль и регулирование. Эти системы внедрялись в крупных организациях и требовали значительных затрат. В настоящее время многие организации имеют возможности автоматизировать бухгалтерский учёт, осуществляя обработку и хранение информации в Интернете в облачных технологиях. Это широко используется в аутсорсинге. Облачные технологии отличаются доступностью для пользователей и не требуют инвестиций. Следующим этапом развития цифровой среды предлагаются технологии блокчейн, искусственный интеллект, цифровые двойники [Егорова, Богданович, 2019].

В цифровизации учёта и контроля сложности, такого рода как противоречия в нормативно-правовых актах, социальное напряжение кадров учётных и аудиторских служб, необходимость разработки соответствующих цифровой сфере стандартов и регламентов и новых форм контроля, вызывающих доверие, предполагает большой объём работ специалистов разных сфер. Для выработки вариантов управленческих решений необходима интеграция учётно-аналитической информации с другими элементами информационной системы, в которых более широко применяются новые технологии (машинное обучение, приложения искусственного интеллекта, Интернет-вещей, блокчейн). Цифровые технологии способствуют своевременному реагированию и корректировке стратегии, бизнес-моделей и регулирование текущих процессов в соответствии с условиями внешней среды. Организация учёта и контроля должна быть адекватной по отношению к тем изменениям, которые происходят во внутренней среде предприятия и под влиянием внешних факторов.

В реализации концепции устойчивого развития органичными являются системы больших данных (Big Data). Высокая скорость передачи информации бухгалтерского учёта повышает её ценность для управления. Обработка большого массива данных даёт воз-

возможность управлению выделить требующие немедленного регулирования места и определить правильность направлений в предпринимательской деятельности, оценить своевременность решений, проводить контроль экологических и социальных аспектов функционирования. С одной стороны, экологические и социальные затраты снижают прибыль хозяйствующего субъекта, но с другой, становятся его конкурентным преимуществом, которое можно использовать в привлечении инвестиций и новых потребителей. Востребованность экологического и социального учёта присуще развитым экономикам, где в бухгалтерской отчётности информация экологического и социального характера превалирует над финансовой информацией [Ковалёв, 2021].

Метод бухгалтерского учёта, состоящий из четырёх пар элементов: документации и инвентаризации; счетов и двойной записи; оценки и калькуляции; бухгалтерского баланса и отчётности, в цифровой среде за счёт использования цифровых технологий претерпевает модификации, не меняя своего внутреннего содержания. Компьютерный учёт — это промежуточная форма эволюции от старой бухгалтерии двойной записи и баланса к принципиально новым видам учёта отчётности. Он упрощает и ускоряет учётные процессы. Компьютеризация учёта расширила возможности работы анализа информации в процессе принятия решений. Пользователи получили мгновенный доступ к учётной информации любого уровня обобщения, а также возможность определять и модифицировать форматы представления данных. Компьютерный учёт технически позволил перенести бухгалтерские данные в электронное информационное пространство, в Интернет [Бодяко, 2017].

Поэтому в истории бухгалтерского учёта от ручного к компьютерному учёту ожидается новый этап, основанный на технологиях распределённого реестра или технологии блокчейн. Первичное наблюдение в учёте, происходящее посредством регистрации экономических событий с активами и обязательствами и составление первичных документов в цифровой среде при помощи блокчейн. Это существенно меняет систему регистрации фактов хозяйственной жизни и становится, как считают исследователи, революционным инструментом, позволяющим построить реестры длительного пользования. Хозяйствующие субъекты при помощи блокчейна все транзакционные записи вносят в единый регистр, обеспечивающий хронологическую, распределённую и взаимосвязанную систему информации с криптографической защитой. Преимуществом блокчейна является невозможность фальсификации, последующего внесения недостовер-

ной информации или её уничтожение. Это будет сразу обнаружено, проверено во всех компьютерах, то есть система распределения и криптографическая защита отреагируют на вмешательство и зафиксируют её. Такая система получила название «тройной учётной записи». При этом не происходит смены диграфической записи на униграфическую (например, тройную), а меняется способ регистрации и хранения информации о фактах хозяйственной жизни. Технология блокчейн позволит формировать базы финансовых и нефинансовых отчётов в глобальном информационном пространстве. Взаимодействие субъектов происходит без посредников и исключает потери информации [Емельянов, 2019].¹²

Однако блокчейн-технологии находятся ещё в стадии разработок, в которых дальнейшие изменения не предсказуемы. Для внедрения данной технологии необходимы крупные материальные и энергозатраты, компьютеры с возможностями хранения большой базы данных. Преимущества, отмечаемые в технологии блокчейн, в которой происходит регистрация фактов хозяйственной жизни в виртуальной среде и распределённой и децентрализованной системе, позволяющей управлять без посредников, регуляторов и контролёров, является привлекательной для бухгалтерского учёта и контроля. Технологии блокчейн расширяют возможности ведения учёта новых объектов управления, не имеющих вещественного содержания, таких как интеллектуальная собственность, права владения, передача информации в другие информационные системы. Особенность блокчейна состоит в том, что регистрация действий происходит одновременно на нескольких взаимодействующих компьютерах, внешние вмешательства, мошенничество, искажение или потери информации исключаются, тем самым повышается доверие пользователей к учётной информации [Землякова].¹³

Характеристиками, которые показывают преимущества технологии блокчейн, являются: прозрачность, доверие, программируемость, высокая производительность, конфиденциальность, масштабируемость, глобальный охват, устойчивость и высокая целостность *mainnet* [Морозкина и др., 2020].

Использование технологии блокчейн решает проблемы, связанные с незаконной деятельностью хозяйствующих субъектов и уходом от налогов. Это актуально для рыбохозяйственного комплекса в борьбе с ННН-промыслом. В настоящее время налоговый учёт

¹² Емельянов Н.В. Влияние цифровизации экономики на развитие бухгалтерского учёта. <http://edrf.ru/article/14-01-2019>

¹³ Землякова С.Н. Применение блокчейн-технологии в бухгалтерском учёте. <http://www.postagrnц.рф/files/3/15.pdf>

в организациях занимает центральное место. При технологии блокчейн ведение учёта в реальном времени при оцифровке всех сделок и транзакций уклонение от налогов будет невозможным и потребность налогового учёта отпадает. Все продажи попадают в платформу на основании смарт-контрактов (электронных протоколов в блокчейне) и сделки, подтверждённые согласием сторон (консенсус), данные о ней передаются в регулирующий орган и в блокчейн-платформу. Автоматически определяются суммы налогов. Внедрение блокчейн-технологии потребует создания новой нормативной базы, пересмотра и изменений законодательных и нормативных актов, а также устранение разночтений в кодексах, регулирующих экономическую и хозяйственную деятельность. Технологии блокчейн имеют разные варианты (публичные и приватные). В бухгалтерском учёте в конкретной организации это скорее будет частная цепочка блоков [Баев и др., 2020].

Согласно Федеральному закону хозяйственные операции оформляются первичными документами на бумажном носителе и (или) в виде электронного документа, подписанного электронной подписью.¹⁴

Внесение с первичных документов в компьютерную программу осуществляется вручную, что приводит к высоким трудозатратам и не исключает ошибки. Цифровизация существенно изменяет данный процесс при помощи технологии цифровых двойников. Цифровизация активов при помощи датчиков формирует его цифровой образ с множеством оценок для различных целей, таким образом, ручной ввод данных отпадает [Гузов, 2021].

Спутниковая фотография высокого разрешения, автоматическая идентификационная система, камеры и датчики, ДНК-технологии и генетические профили, блокчейн, Интернет вещей, большие данные, искусственный интеллект и машинное обучение повлияют на управление экономической, экологической, и социальной составляющими устойчивого развития рыбохозяйственного комплекса. Потребительский спрос на рыбные товары и морепродукты с полной информацией о качестве, происхождении и способов переработки будет возрастать, и производители обязаны раскрывать такую информацию. В бухгалтерском учёте информационные технологии позволяют детализировать объекты учёта для решения вопросов стратегического, тактического и оперативного управления предприятием в целях устойчивого развития [Прямухина, Шендо, 2021].

¹⁴ Федеральный закон от 06.12.2011 № 402-ФЗ «О бухгалтерском учёте» (последняя редакция).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обеспечение устойчивого развития рыбохозяйственного комплекса России зависит от эффективности управления всех уровней. Многоцелевые функции и управления в достижении экономической и продовольственной безопасности обеспечиваются современными интегрированными информационными системами, и бухгалтерский учёт занимает важное место. Насыщение внутреннего рынка рыбными товарами и морепродуктами происходит в условиях цифровой трансформации, которая изменяет производственные цепочки рыбохозяйственного комплекса в направлении повышения экономической эффективности производства и переработки, исключения потерь водных биологических ресурсов.

Выработка и принятие управленческих решений, контроль за их выполнением, проводимый на основе бухгалтерской информации, полученной в автоматизированном режиме и исключающей ошибки, позволит провести модернизацию технического и технологического оборудования и сформировать цифровую экономику.

Организация бухгалтерского учёта в цифровой среде, проходя все этапы её формирования, совершенствует методологию в направлении качественного выполнения функций, оперативности и достоверности информации. Программный комплекс «Электронный промысловый журнал» является важным этапом в автоматизации процессов учёта и составления отчётности рыбодобывающих организаций и обеспечивает прозрачность добычи водных биологических ресурсов и непрерывность государственного контроля и надзора.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена по личной инициативе, без дополнительного финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Баев А.А., Левина В.С., Реут А.В., Свидлер А.А., Харитонов И.А., Григорьев В.В. 2020. Блокчейн-технология в бухгалтерском учёте и аудите // Учёт. Анализ. Аудит. Т. 7. № 1. С. 69–79.
- Бодяко А.В. 2017. Проблемы развития методологии учёта и контроля в условиях институциональной экономики инновационного типа. Том 3 О перспективах «цифро-

вого формата» учёта, контроля и отчётности. М.: Изд-во «КноРус». 254 с.

Бухтиярова Т.И. 2019. Цифровая экономика особенности и тенденции развития // Бизнес и общество № 1 (21). С. 21.

Гузов Ю.Н. 2021. Направления цифровизации учёта и аудита // Бухгалтерский учёт в XXI веке. / Ред. Ю.Н. Гузова, В.В. Ковалева, О.Л. Маргания. СПб.: Скифия-принт. С. 7–19.

Егорова С.Е., Богданович И.С. 2019. Цифровизация бухгалтерского учёта: перспективы и возможности // Вестник Псковского государственного университета. Серия «Экономика, право и управление». № 9. С. 3–7.

Ковалев В.В. 2021. Бухгалтерский учёт и финансы: современные тенденции и вызовы // Бухгалтерский учёт в XXI веке. / Ред. Ю.Н. Гузова, В.В. Ковалева, О.Л. Маргания. СПб.: Скифия-принт. С. 20–33.

Морозкина С.С., Павленко Ю.Н., Петридис М.Ю. 2020. Роль технологии блокчейн в бухгалтерском учёте и аудите // Экономика и бизнес: теория и практика. № 11–2 (69). С. 178–182.

Прямухина О.А., Шендо В.Г. 2021. Влияние цифровизации на экономику рыбохозяйственного комплекса России // Управленческий учёт. № 11–1. С. 232–240.

institutional economy. Volume 3 On the prospects of the “digital format” of accounting, control and reporting. M.: Publishing House “KnoRus”. 254 pp.

Bukhtiyarova T.I. 2019. Digital economy features and development trends // Business and Society No. 1 (21). P. 21.

Guzov Yu.N. 2021. Directions of digitalization of accounting and auditing // Accounting in the XXI century. / ed. Yu.N. Guzova, V.V. Kovaleva, O.L. Marganiya. SPb.: Scythia-print. pp. 7–19.

Egorova S.E., Bogdanovich I.S. 2019. Digitalization of accounting: prospects and opportunities // Bulletin of Pskov State University. Series «Economics, Law and Management». No. 9. pp. 3–7.

Kovalev V.V. 2021. Accounting and finance: modern trends and challenges // Accounting in the XXI century. / ed. Yu.N. Guzova, V.V. Kovaleva, O.L. Marganiya. SPb.: Scythia-print. pp. 20–33.

Morozkina S.S., Pavlenko Yu.N., Petridis M. Yu. 2020. The role of blockchain technology in accounting and auditing // Economics and Business: theory and practice. No. 11–2 (69). pp. 178–182.

Pryamukhina O.A., Shendo V.G. 2021. The impact of digitalization on the economy of the fisheries complex of Russia // Managerial accounting No. 11–1. pp. 232–240.

REFERENCES

Baev A.A., Levina V.S., Reut A.V., Svidler A.A., Kharitonov I.A., Grigoriev V.V. 2020. Blockchain technology in accounting and auditing // Accounting. Analysis. Audit. Vol. 7. No. 1, pp. 69–79.

Bodyako A.V. 2017. Problems of development of accounting and control methodology in the conditions of an innovative

Поступила в редакцию 22.04.2022 г.
Принята после рецензии 13.05.2022 г.



Информация. Экспедиции ВНИРО

Биологическая характеристика производителей тихоокеанских лососей о. Парамушир и о. Шумшу в 2021 году

Т.Ю. Углова, С.Л. Марченко

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), 105187, г. Москва, Окружной проезд, 19
E-mail: Tasha-uglova@yandex.ru

Цель: получение актуальной информации о динамике нерестовой миграции и качественных показателях тихоокеанских лососей о-вов Парамушир и Шумшу (Северные Курильские острова).

Используемые методы: работы проведены в соответствии с общепринятыми в рыбохозяйственных исследованиях методиками.

Новизна: впервые за последнее десятилетие собраны данные о динамике анадромной миграции и о биологических показателях тихоокеанских лососей Северных Курил.

Результат: Представлена актуальная информация о сроках нерестовой миграции и качественных показателях тихоокеанских лососей Северных Курильских островов в 2021 г. Получена информация о темпоральной структуре нерестового потока.

Практическая значимость: Результаты будут использованы при подготовке материалов, обосновывающих прогнозируемые объемы вылова тихоокеанских лососей в последующие годы, а также при регулировании промысла тихоокеанских лососей Северных Курильских островов.

Ключевые слова: тихоокеанские лососи, анадромная миграция, Северные Курильские острова.

Biological characteristics of Pacific salmon spawners of the Paramushir Island and Shumshu Island in 2021

Tatyana Yu. Uglova, Sergej L. Marchenko

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

The purpose of these studies is to obtaining up-to-date information on the dynamics of spawning migration and the quality indicators of Pacific salmon on the Paramushir and Shumshu Islands (Northern Kuril Islands).

Methods used: the work was carried out in accordance with the methods generally accepted in fisheries research.

Scientific originality: for the first time in the last decade, data were collected on the dynamics of anadromous migration and on the biological parameters of the Pacific salmon of the Northern Kuriles.

Result: up-to-date information on the timing of spawning migration and quality indicators of pacific salmon of the Northern Kuril Islands in 2021 is presented. Information about the temporal structure of the spawning stream has been obtained.

Practical significance: the results will be used in the preparation of materials substantiating the forecasted volumes of pacific salmon catches in subsequent years, as well as in regulating the fishing of pacific salmon in the Northern Kuril Islands.

На Северных Курилах лососевый промысел сосредоточен на трёх островах: Шумшу, Атласова и Парамушир. Здесь добывают четыре вида тихоокеанских лососей: горбушу (*Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1972), нерку (*O. nerka* (Walbaum, 1972), кету (*O. keta* (Walbaum, 1972) и кижуча (*O. kisutch* (Walbaum, 1792). Лососевые исследования в регионе были завершены в середине 2000-х гг., и к настоящему времени собранные материалы устарели. Цель настоящей статьи — представить актуальные данные о биологических показателях тихоокеанских лососей Северных Курил.

Научно-исследовательские работы проведены с 01 июля по 30 августа 2021 г. на рыболовных участках, арендованных ООО «Алаид» (№ 65–15–06, 65–15–07, 65–15–20, 65–15–21, 65–15–32) и ООО «Гранис» (№ 65–15–22) (рис. 1).

Лов тихоокеанских лососей осуществляли рыболовецкие бригады с помощью ставных неводов. Рыбу доставляли до пирса г. Северо-Курильск и далее в контейнерах перевозили на рыбоперерабатывающие заводы.

Сбор и обработку биологических материалов проводили в соответствии с общепринятыми в ихтиоло-

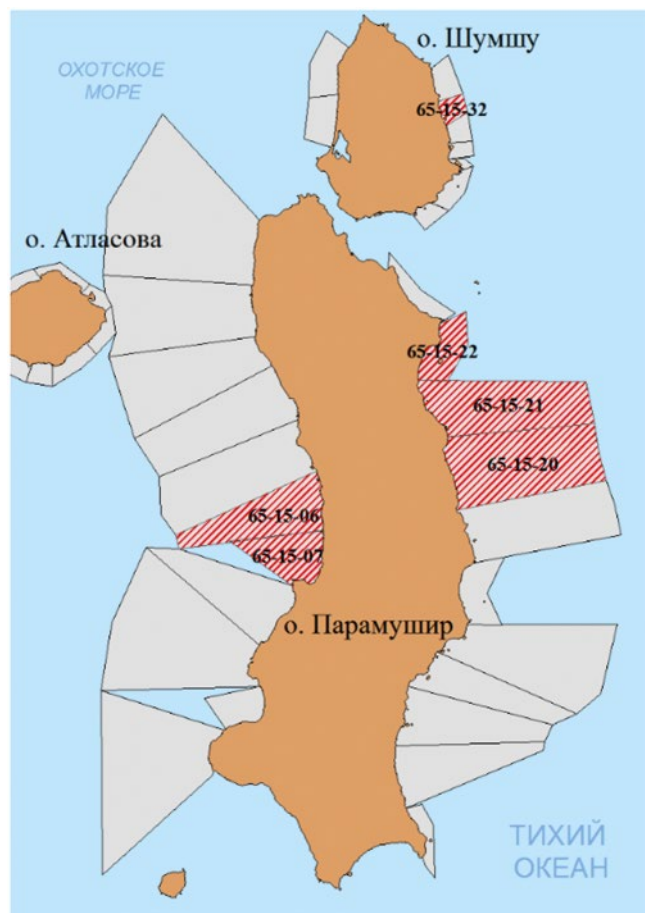


Рис. 1. Карта-схема рыболовных участков Северных Курил
Fig. 1. Fishing areas map-scheme of the Northern Kuril Islands

гических исследованиях методиками [Правдин, 1966; Глубоковский и др., 2017]. Визуализация данных на топооснове проведена в ArcGIS, графики и таблицы сформированы в MS Excel.

Объём собранного биологического материала представлен в табл. 1.

Таблица 1. Объём собранного материала по тихоокеанских лососям Северных Курил в 2021 г.

Table 1. The volume of collected material on Pacific salmon of the Northern Kuril Islands 2021

Показатель	Вид тихоокеанских лососей			
	горбуша	кета	нерка	кижуч
N, рыб	745	526	371	125

Кроме того, обобщены сведения о вылове тихоокеанских лососей на Северных Курилах, предоставленные Северо-Курильским территориальным управлением Росрыболовства.

В 2021 г. на Северных Курилах рыбопромышленные предприятия добывали тихоокеанских лососей с 18 июня по 31 августа. Горбуша, кета, нерка в уловах присутствовали на протяжении всей путины. Единичные особи кижуча в уловах были отмечены уже в июле, но его ход начался с первых чисел августа. Всего на Северных Курилах было выловлено 7,340 тыс. т тихоокеанских лососей, из них горбуша – 4,012, кета – 1,566, нерка – 1,385 и кижуч – 0,377 тыс. т. Нарастающий вылов представлен на рис. 2.

Горбуша

Средние значения длины и массы тела горбуши составили 46,8 (от 36 до 57) см и 1,23 (от 0,54 до 2,22) кг, соответственно. Средняя индивидуальная абсолютная плодовитость (ИАП) была равна 1511 (от 901 до 3973) икринок (табл. 2).

В начале июля горбуша Северных Курил характеризовалась небольшими линейно-весовыми показателями. При этом, самцы и самки слабо различались по длине и по массе. В середине – конце июля наблюдалось увеличение размеров производителей и син-

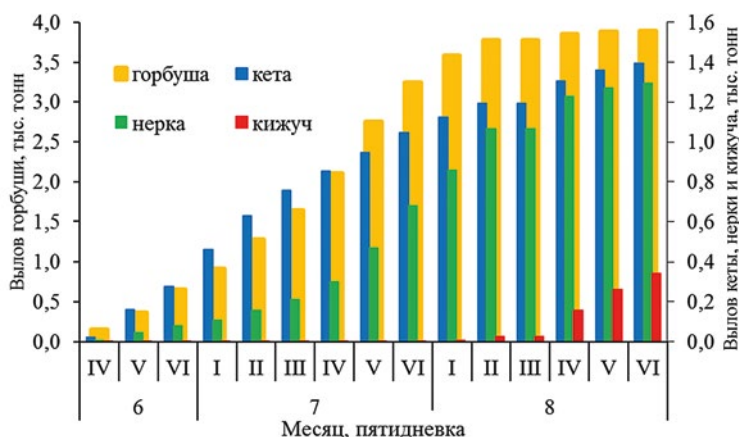


Рис. 2. Нарастающий вылов тихоокеанских лососей на Северных Курилах в 2021 г.
Fig. 2. Increasing catch of Pacific salmon on the Northern Kuril Islands in 2021

Таблица 2. Биологическая характеристика горбуши Северных Курил
Table 2. Biological characteristics of pink salmon of the Northern Kuril Islands

Темпоральная группировка	Длина тела по Смитту, см			Масса тела, кг			ИАП, икр.	Доля самок, %	N, экз.
	самцы	самки	оба пола	самцы	самки	оба пола			
первая	44,9±0,3 36,0–55,0	44,1±0,3 40,0–49,5	44,6±0,2 36,0–55,0	1,06±0,03 0,54–2,07	0,99±0,02 0,71–1,56	1,04±0,02 0,54–2,07	1470±20 901–2147	49,0	349
вторая	48,4±0,3 36,0–57,0	46,4±0,2 38,0–53,0	47,4±0,2 36,0–57,0	1,41±0,03 0,67–2,22	1,20±0,02 0,67–1,76	1,31±0,02 0,67–2,22	1474±12 1015–2480	33,7	196
третья	48,4±0,3 40,0–56,0	47,1±0,2 40,0–51,7	47,8±0,2 40,0–56,0	1,34±0,03 0,72–2,14	1,24±0,02 0,51–1,74	1,29±0,02 0,51–2,14	1642±29 1075–3973	46,5	200
Общее	47,3±0,2 36,0–57,0	46,1±0,1 38,0–53,0	46,8±0,1 36,0–57,0	1,28±0,02 0,54–2,22	1,17±0,01 0,51–1,76	1,23±0,01 0,51–2,22	1511±11 901–3973	44,3	745

Примечание: над чертой арифметическая средняя ± ошибка арифметической средней, под чертой – пределы варьирования признака.

хронно усилился половой диморфизм – самцы были крупнее самок (рис. 3).

Изменения линейно-весовых показателей синхронизированы с переломами в соотношении полов (рис. 4) и связаны с проходом на нерест двух темпоральных форм горбуши: с середины июня по начало июля и с середины июля по конец августа. В эти периоды добыто 29,5 и 70,5 % горбуши, соответственно.

Кета

Возрастной состав кеты был представлен четырьмя группами: 2+ – 5+. В подходах доминировали рыбы в возрасте 3+ и 4+. В целом за весь период исследований их доля была равна 42,4 и 47,9%, соответственно. Суммарная доля рыб в возрасте 2+ и 5+ составила 9,7%. В начале нерестовой миграции наблюдалось увеличение, а в дальнейшем – снижение среднего возраста полового созревания кеты (табл. 3).

Средние значения длины и массы тела кеты составили 59,8 (от 40 до 78) см, 2,57 (от 0,88 до 6,18) кг, соответственно. Средняя ИАП была равна 2656 (от 1179 до 4948) икринок. В подходах соотношение полов было близко к 1:1 (табл. 4).

В целом, на протяжении нерестового хода размеры кеты увеличивались. При

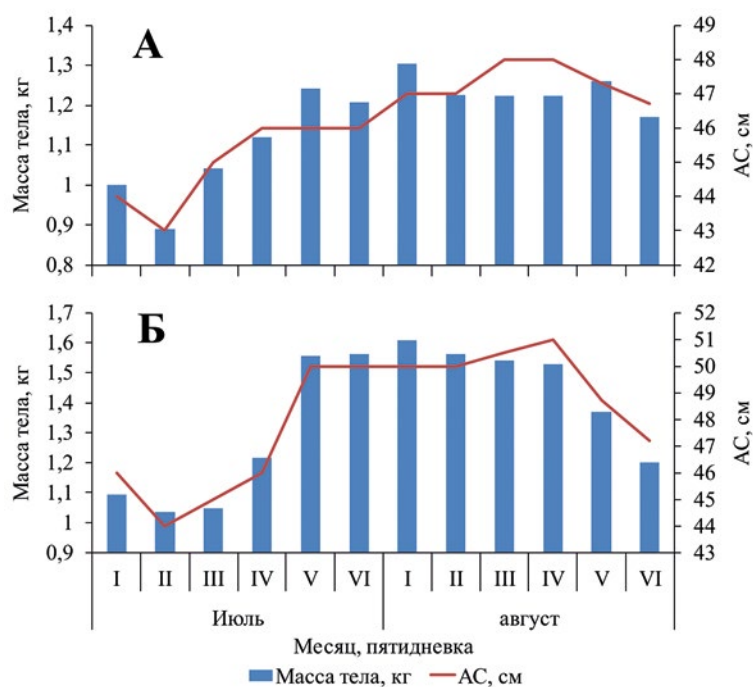


Рис. 3. Динамика линейно-весовых показателей самок (А) и самцов (Б) горбуши Северных Курил

Fig. 3. Dynamics of linear-weight indicators of females (A) and males (B) of pink salmon of the Northern Kuril Islands

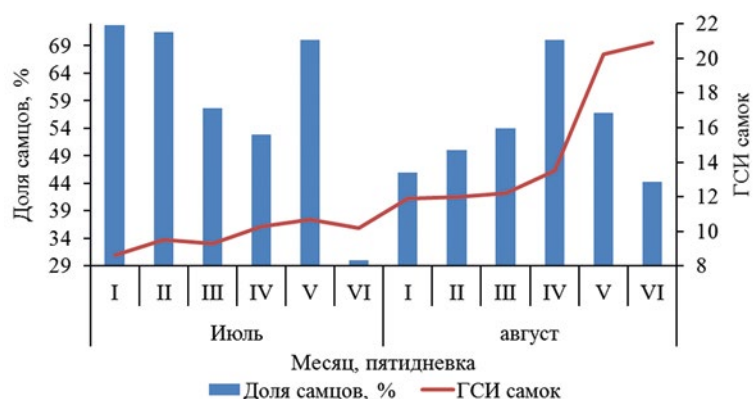


Рис. 4. Динамика доли самцов (%) и ГСИ самок горбуши Северных Курил

Fig. 4. Dynamics of the proportion of males (%) and GSI of females of pink salmon of the Northern Kuril Islands

Таблица 3. Возрастной состав кеты Северных Курил
Table 3. Age composition of chum salmon of the Northern Kuril Islands

Месяц	Пентада	Возраст				Средний возраст, лет
		2+	3+	4+	5+	
Июль	I	–	100,0	–	–	3,0
	II	–	16,3	83,7	–	3,8
	III	–	–	70,4	29,6	4,3
	IV	1,6	34,9	57,2	6,3	3,7
	V	5,2	34,5	46,5	13,8	3,7
	VI	–	50,0	40,0	10,0	3,6
Общее за июль		1,1	35,5	53,9	9,5	3,7
Август	I	4,0	30,0	54,0	12,0	3,7
	II	7,3	68,3	24,4	–	3,2
	III	7,1	64,3	28,6	–	3,2
	IV	2,8	65,3	31,9	–	3,3
	Общее за август	4,5	55,9	36,2	3,4	3,4
Общее		2,3	42,4	47,9	7,4	3,6

Таблица 4. Биологическая характеристика кеты Северных Курил
Table 4. Biological characteristics of chum salmon of the Northern Kuril Islands

Темпоральная группировка	Длина тела по Смитту, см			Масса тела, кг			ИАП, икр.	Доля самок, %	N, экз.
	самцы	самки	оба пола	самцы	самки	оба пола			
первая	60,8±0,5	57,4±0,5	59,1±0,4	2,91±0,08	2,37±0,07	2,65±0,06	2377±52	53,1	262
	47,0–71,0	46,5–70,5	46,5–71,0	0,96–4,91	1,01–3,80	0,96–4,91	1179–4948		
вторая	62,2±0,6	58,9±0,4	60,5±0,4	3,22±0,09	2,61±0,06	2,89±0,06	2811±36	49,4	178
	45,0–78,0	48,0–71,5	45,0–78,0	1,07–6,80	1,26–5,50	1,07–6,80	1356–4290		
третья	59,6±1,2	59,7±0,8	59,7±0,7	2,93±0,16	2,89±0,14	2,92±0,11	2745±65	40,7	86
	40,0–72,0	51,0–75,0	40,0–75,0	0,88–5,02	1,61–5,60	0,88–5,60	1710–4120		
Общее	61,2±0,4	58,5±0,3	59,9±0,3	3,06±0,06	2,57±0,04	2,81±0,04	2656±29	49,8	526
	40,0–78,0	46,5–75,0	40,0–78,0	0,88–6,80	1,01–5,60	0,88–6,80	1179–4948		

этом, по динамике линейно-весовых показателей и доли самцов можно выделить три хода (рис. 5, 6). Наименьшими размерами характеризовалась кета, мигрировавшая в первой половине июля, а наиболее крупные рыбы проходили на нерест во второй половине июля – августе (табл. 4).

На протяжении всего нерестового хода в выборках присутствовали активно питавшиеся рыбы, имевшие наполнение желудков до 4 баллов. О принадлежности таких рыб к транзитным стадам можно будет говорить только после проведения соответствующих исследований.

Нерка

Возрастной состав нерки был представлен восьмью группами: 1.2+, 1.3+, 1.4+, 2.2+, 2.3+, 2.4+, 3.2+, 3.3+ лет. На протяжении миграции доминировали

рыбы в возрасте 2.3+ и 2.4+ лет. За весь период исследований их доля в подходах составила 42,9 и 26,6%, соответственно. Обращает на себя внимание относительно высокая доля рыб в возрасте 3.3+ лет, которая в целом за путину составила 14,3% при варьировании от 4,7 до 26,0%. На протяжении нерестовой миграции средний возраст полового созревания нерки имел тенденцию к увеличению (табл. 5).

Средние значения длины и массы тела нерки составили 55,5 (от 43 до 69,0) см и 2,09 (от 0,81 до 3,86) кг, соответственно. Средняя ИАП была равна 3558 (от 1457 до 10837) икр. Соотношение полов было близким 1:1 (табл. 6). Также как и у кеты, среди производителей нерки были активно питавшиеся рыбы с наполнением желудков до 4 баллов.

Варьирование размеров нерки на протяжении нерестовой миграции, в первую очередь, было связано

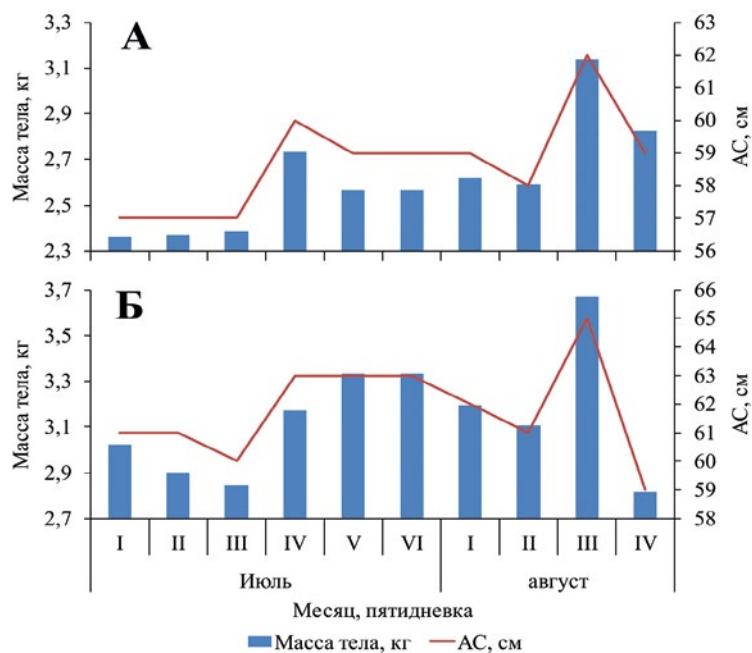


Рис. 5. Динамика линейно-весовых показателей самок (А) и самцов (Б) кеты Северных Курил

Fig. 5. Dynamics of linear-weight indicators of females (A) and males (B) of chum salmon of the Northern Kuril Islands

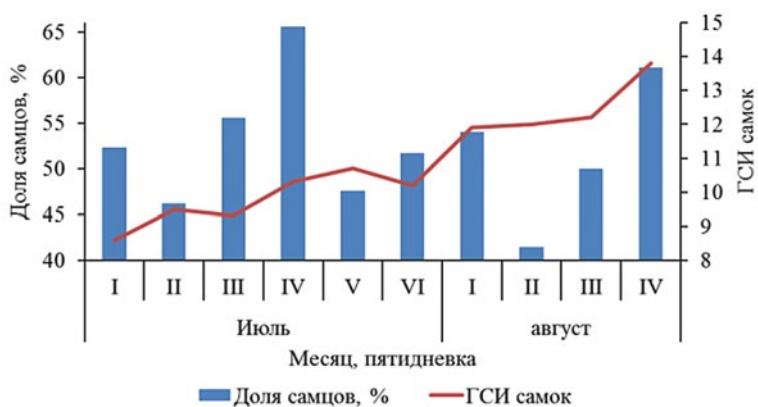


Рис. 6. Динамика доли самцов (%) и ГСИ самок кеты Северных Курил

Fig. 6. Dynamics of the proportion of males (%) and GSI of females of chum salmon of the Northern Kuril Islands

Таблица 5. Возрастной состав нерки Северных Курил

Table 5. Age composition of sockeye salmon of the Northern Kuril Islands

Месяц	Пентада	Возраст								Средний возраст, лет
		1.2+	1.3+	1.4+	2.2+	2.3+	2.4+	3.2+	3.3+	
Июль	I	2,4	11,9	4,8	2,4	52,3	21,4	–	4,8	5,1
	II	–	13,2	7,4	2,9	29,4	36,8	–	10,3	5,3
	III	–	12,0	4,0	8,0	50,0	20,0	–	6,0	5,1
	IV	–	2,1	4,3	4,3	40,3	23,4	4,3	21,3	5,4
	V	2,3	–	2,3	2,3	55,9	30,2	2,3	4,7	5,3
	VI	–	2,0	4,0	–	38,0	30,0	–	26,0	5,5
Общее за июль		0,7	7,3	4,7	3,3	43,0	27,7	1,0	12,3	5,3
Август	I	–	6,0	–	2,0	44,0	20,0	2,0	26,0	5,4
	Общее за август		–	6,0	–	2,0	44,0	20,0	2,0	5,4
	Общее		0,6	7,1	4,0	3,1	43,2	26,6	1,1	5,3

Таблица 6. Биологическая характеристика нерки Северных Курил

Table 6. Biological characteristics of sockeye salmon of the Northern Kuril Islands

Темпоральная группировка	Длина тела по Смитту, см			Масса тела, кг			ИАП, икр.	Доля самок, %	N, экз.
	самцы	самки	оба пола	самцы	самки	оба пола			
первая	53,4±0,5 43,0–65,5	55,3±0,3 47,0–62,5	54,4±0,3 43,0–65,5	1,93±0,06 0,81–3,86	2,08±0,04 1,23–3,00	2,00±0,04 0,81–3,86	3586±79 1457–10837	54,0	100
вторая	58,3±0,7 44,0–69,0	56,9±0,4 48,0–61,0	57,5±0,4 44,0–69,0	2,43±0,09 0,99–3,80	2,14±0,05 1,15–2,84	2,27±0,05 0,99–3,80	3469±116 2045–8092	50,8	250
третья	59,8±0,7 56,0–65,0	57,4±1,3 53,0–60,5	59,1±0,7 53,0–65,0	2,30±0,09 1,70–2,85	2,09±0,10 1,77–2,40	2,24±0,07 1,70–2,85	3769±238 2614–5461	30,0	20
Общее	55,1±0,4 43,0–69,0	55,8±0,3 47,0–62,5	55,5±0,3 43,0–69,0	2,08±0,05 0,81–3,86	2,10±0,03 1,15–3,00	2,09±0,03 0,81–3,86	3558±63 1457–10837	50,5	370

с изменением длины и массы тела самцов (рис. 7). Согласно динамике линейно-весовых показателей и соотношения полов подходы нерки, по-видимому, были

представлены тремя ходами. Смена первой и второй темпоральных группировок проходила в конце июля, второй и третьей – в IV пятидневке августа (рис. 7, 8).

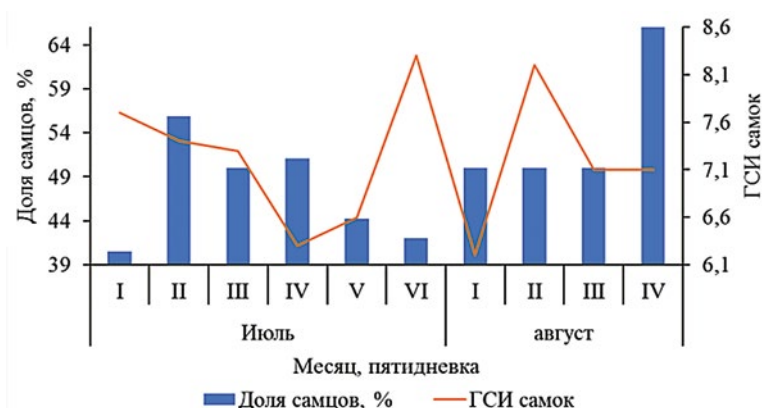


Рис. 7. Динамика доли самцов (%) и ГСИ самок нерки Северных Курил

Fig. 7. Dynamics of the proportion of males (%) and GSI of females of sockeye salmon of the Northern Kuril Islands

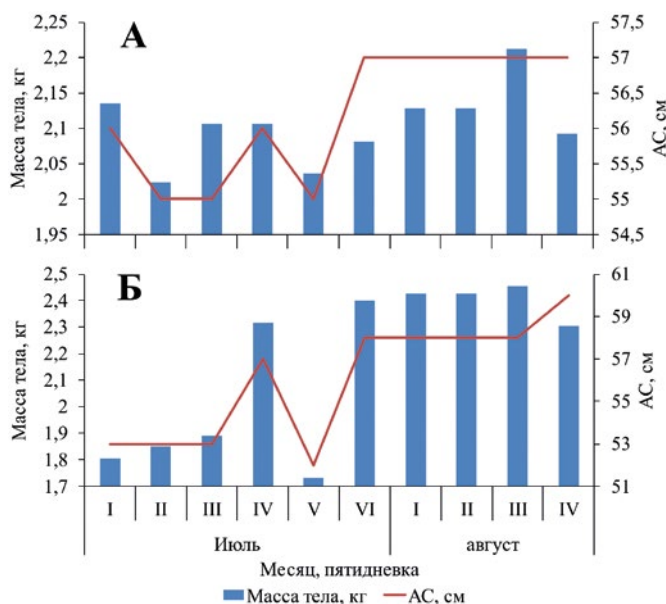


Рис. 8. Динамика линейно-весовых показателей самок (А) и самцов (Б) нерки Северных Курил

Fig. 8. Dynamics of linear-weight indicators of females (A) and males (B) of red salmon of the Northern Kuril Islands

Кижуч

Средние значения длины и массы тела кижуча составили 57,7 (от 43,5 до 72,5) см и 2,63 (от 0,97 до 5,10) кг, соответственно. Средняя ИАП была равна 3779 (от 1524 до 6961) икр. Отметим, что 07 июля 2021 г. был добыт кижуч с гонадами на 2-й стадии зрелости. Длина его тела составила 47 см, масса – 1,14 кг. За путину в подходах кижуча отмечено преобладание самцов – 59,7%. Динамика биологических показателей кижуча представлена в табл. 7. Часть производителей кижуча активно питалась. Наполнение их желудков достигало 4 баллов.

Благодарности

Авторы благодарны д.б.н., профессору М.К. Глубоковскому и П.Г. Шакуну за участие в осуществлении проведения данных работ, а также М.В. Вилисову (генеральному директору ООО «Алаид») за помощь в проведении исследований.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках бюджетного финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Глубоковский М.К., Лепская В.А., Ведищева Е.В., Кловач Н.В. 2015. Промысел тихоокеанских лососей в водах северных Курильских островов: история, современное состояние, перспективы // Труды ВНИРО. Т. 158. С. 75–88.
- Глубоковский М.К., Марченко С.Л., Темных О.С., Шевляков Е.А. 2017. Методические рекомендации по исследованию тихоокеанских лососей. М.: ВНИРО. 79 с.

Таблица 7. Биологическая характеристика кижуча Северных Курил**Table 7.** Biological characteristics of coho salmon of the Northern Kuril Islands

Месяц	Пятидневка	Длина тела по Смитту, см			Масса тела, кг			ИАП, икр.	Доля самок, %	N, экз.
		самцы	самки	оба пола	самцы	самки	оба пола			
Июль	I	52,8±2,3 48,5–61,5	56,6±2,2 50,0–66,0	55,0±1,6 48,5–66,0	1,65±0,31 1,10–2,85	1,95±0,23 1,19–2,73	1,83±0,18 1,10–2,85	4464±325 3000–5342	58,3	12
	II	72,5±0,0 72,5–72,5	63,5±3,5 56,5–68,0	65,8±3,4 56,5–72,5	5,10±0,00 5,10–5,10	3,19±0,73 1,77–4,21	3,67±0,70 1,77–5,10	5170±906 4035–6961	75,0	4
	III	52,5	–	52,5	1,61	–	1,61	–	0,0	1
	IV	51,3±2,8 48,5–54,0	69,0	57,2±6,1 48,5–69,0	1,47±0,16 1,31–1,63	4,35	2,43±0,96 1,31–4,35	3838	33,3	3
	V	49,5	–	49,5	1,36	–	1,36	–	0,0	1
Общее за июль		54,1±2,4 48,5–72,5	59,6±2,1 50,0–69,0	57,0±1,6 48,5–72,5	1,92±0,38 1,10–5,10	2,51±0,34 1,19–4,35	2,23±0,26 1,10–5,10	4613±322 3000–6961	52,4	21
Август	II	61,0±0,0 61,0–61,0	60,1±1,0 53,5–63,0	60,2±0,9 53,5–63,0	2,95±0,00 2,95–2,95	2,66±0,13 1,90–3,18	2,69±0,12 1,90–3,18	2732±244 1524–3952	88,9	9
	III	64,6±1,8 59,0–69,0	59,0±0,0 59,0–59,0	63,7±1,7 59,0–69,0	3,38±0,27 2,54–3,99	2,80±0,00 2,80–2,80	3,28±0,24 2,54–3,99	2135	16,7	6
	IV	57,1±0,8 47,0–67,0	55,7±1,3 47,0–67,5	56,6±0,7 47,0–67,5	2,60±0,12 1,20–4,11	2,48±0,20 0,98–3,99	2,56±0,10 0,98–4,11	3610±233 1826–6134	36,2	58
	V	58,3±1,6 43,5–70,0	58,6±1,1 55,0–66,0	58,4±1,2 43,5–70,0	2,92±0,25 0,97–5,05	2,91±0,23 2,17–4,57	2,92±0,19 0,97–5,05	4342±322 3058–5982	30,0	30
Общее за август		58,1±0,8 43,5–70,0	57,3±0,8 47,0–67,5	57,8±0,6 43,5–70,0	2,77±0,11 0,97–5,05	2,62±0,12 0,98–4,57	2,72±0,08 0,97–5,05	3559±178 1524–6134	37,9	103
Общее		57,6±0,7 43,5–72,5	57,8±0,8 47,0–69,0	57,7±0,5 43,5–72,5	2,66±0,11 0,97–5,10	2,60±0,12 0,98–4,57	2,63±0,08 0,97–5,10	3779±166 1524–6961	40,3	124

Лепская В.А., Ведищева Е.В., Абрамов А.А. 2006. Преднерестовые миграции лососей рода *Oncorhynchus* у северных Курильских островов // Вопросы рыболовства. Т. 7. № 1 (25). С. 42–60.

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

Lepskaya V.A., Vedisheva, E.V., Abramov A.A. 2006. Pre-spawning migrations of salmon of the genus *Oncorhynchus* near the northern Kuril Islands // Problems of fishing. Vol. 7. № 1 (25). P. 42–60.

Pravdin I.F. 1966. Guide to the study of fish (mainly freshwater). Moscow: Food Industry. 376 p.

REFERENCES

Glubokovsky M.K., Lepskaya V.A., Vedishcheva E.V., Klovach N.V. 2015. Fishery for Pacific salmon in the North Kuril waters: history, current status and prospects // Trudy VNIRO. V. 158. P. 75–88.

Glubokovsky M.K., Marchenko S.L., Temnykh O.S., Shevlyakov E.A. 2017. Guidelines for the study of Pacific salmon. M.: VNIRO. 79 p.

Поступила в редакцию 16.03.2022 г.

