



Всероссийский
научно-исследовательский
институт рыбного хозяйства
и океанографии

ISSN: 2307-3497

2022 г. Т. 188

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 (входит в ядро РИНЦ и RSCI) 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)

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)

Балыкин 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., Директор Центра экономических исследований рыбного хозяйства ФГБНУ «ВНИРО», д.э.н., профессор (Москва, Россия)

Бизилов В.А., зам. директора по научной работе ФГБНУ «ВНИРО», д.б.н. (Москва, Россия)

Бимиш Р.Дж., сотрудник Тихоокеанской биологической станции, доктор наук, почетный ученый (Нанаймо, Канада)

Булакова 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)

Котляр А.Н., гл. научный сотрудник ФГБНУ «Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН», д.б.н. (Москва, Россия)

Крисунев 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)

Лалтиховский В.В., сотрудник научного центра по окружающей среде, рыболовству и аквакультуре, д.б.н. (Лоустофт, Великобритания)

Лендьел 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 28.09.2022 г.

Адрес редакции:
105187, Москва, проезд Окружной, 19.
Тел.: 8 (499) 264 93 87
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 (is part of the core of the RSCI) 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
- 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
- Arhipkin 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 Economic Sciences, Professor, Director of the Center for Economic Research of Fisheries 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
- Laptikhovskiy V.V.*, Doctor of Biological Sciences, Marine biologist and stock assessment scientist of the Scientific Center for Environment, Fisheries and Aquaculture, Lowestoft, United Kingdom
- Lendjel P.*, Head of Aquaculture Development Department, Ministry of Agriculture of Hungary (Sarvas, Hungary)
- 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 Economic Sciences, Professor, Director of the Institute of Industrial Economics and Management of the Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia
- Mokievsky V.O.*, Doctor of Biological Sciences, Chief Scientist, Head of the Laboratory of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
- Pakhomov E.A.*, Candidate of Biological Sciences, Professor at the University of British Columbia, Vancouver, Canada
- Paptsov A.G.*, Doctor of Economic Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the Russian Research Institute of Agricultural Economics of the Federal Research Center for Agricultural Economics and Social Development of Rural Territories, Moscow, Russia
- Pinchuk A.I.*, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, University of Alaska, Juneau, USA
- Podkorytova A.V.*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Scientist of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia
- Politov D.V.*, Doctor of Biological Sciences, Chief Scientist, Head of the laboratory of the Vavilov Institute of General Genetics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
- Radchenko O.A.*, Doctor of Biological Sciences, Professor, Director of the Institute of Biological Problems of the North of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Magadan, Russia
- Romanov E.V.*, Candidate of Biological Sciences, Project manager of the Technical Center for Research and Development of the Aquatic Environment, Le Porte, Reunion, France
- Ruban G.I.*, Doctor of Biological Sciences, Chief Scientist of the A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
- Semin A.N.*, Doctor of Economic 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 Economic 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 Economic 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
- Zhivotovskiy 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

<i>Колончин К.В., Бетин О.И.</i> XXI век – век Арктики	5
ПРОМЫСЛОВЫЕ ВИДЫ И ИХ БИОЛОГИЯ	
<i>Алексеев Д.О.</i> Пространственно-функциональная структура популяций кальмаров рода <i>Berryteuthis</i> в дальневосточных морях России	13
<i>Калашников Ю.Н., Сентябов Е.В.</i> Атлантическая скумбрия в Норвежском и Баренцевом морях: история и современность	49
<i>Зеленников О.В.</i> Влияние закисления воды на оогенез мозамбикской тилапии	59
<i>Фурсенко Е.Б., Бурлаченко И.В.</i> К разработке техники термического маркирования отолитов личинок камбалы-калкана	67
<i>Болтнев А.И., Михайлов А.И., Болтнев Е.А., Корнев С.И.</i> Новые подходы к анализу материалов чтения меток на самках морских котиков	78
<i>Клепиковский Р.Н., Ившин В.А.</i> Анализ встречаемости китообразных в Баренцевом море и некоторых факторов, определяющих их распределение в осенне-зимний период 2007-2019 гг.	87
<i>Артюхин Ю.Б.</i> Взаимодействия морских птиц с орудиями лова на траловых промыслах минтая и кальмара в северо-западной части Берингова моря в безледный период	98
ВОДНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ	
<i>Асеева Н.Л., Кравченко Д.Г., Измятинский Д.В.</i> Динамика биомассы промысловых рыб донно-придонного комплекса в подзоне Приморье в 2009-2020 гг.	110
СРЕДА ОБИТАНИЯ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ	
<i>Новиков М.А., Горбачева Е.А.</i> Исследование профиля конгенеров полихлорированных бифенилов в донных отложениях Баренцева моря. .	125
ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ	
<i>Гриценко А.В., Каев А.М., Углова Т.Ю.</i> Географическая изменчивость биологических и нормативных показателей горбуши.	136
<i>Подкорытова А.В., Игнатова Т.А.</i> Морские красные водоросли – неиссякаемый источник биологически активных веществ для медицины и фармацевтики	151
ЭКОНОМИКА, МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО И НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
<i>Бетин О.И., Труба А.С., Мухамедова Т.О.</i> Рыбохозяйственный комплекс: понятие, определение, структура	166
<i>Волошин Г.А.</i> Комплексный инструментарий управления рыбной отраслью в условиях новой экономической политики России .	174
ИСТОРИЯ	
<i>Соколов К.М., Пашкова Т.Е., Бензик А.Н.</i> К 100-летию научно-исследовательского судна «Персей» (1922-2022 гг.)	182
ИНФОРМАЦИЯ	
<i>Согрина А.В., Ведищева Е.В., Головатюк Г.Ю., Антонов Н.П.</i> Исследования тихоокеанского морского окуня и северного одноплёрого терпуга в водах восточного побережья Камчатки в феврале-апреле 2022 г.	189

CONTENTS

Kolonchin K.V., Betin O.I.
XXI century – the century of the arctic. 5

COMMERCIAL SPECIES AND THEIR BIOLOGY

Alexeyev D.O.
Spatial and functional structure in populations of squid of the genus *Berryteuthis* in the Russian Far Eastern seas. 13

Kalashnikov Y.N., Sentyabov E.V.
Atlantic mackerel in the Norwegian and Barents Seas: history and current state. 49

Zelennikov O.V.
Effect of water acidification on the oogenesis of tilapia *Oreochromis mossambicus*. 59

Fursenko E.B., Burlachenko I.V.
To the development of the thermal marking technique of otoliths turbot larvae 67

Boltnev A.I., Mikhailov A.I., Boltnev E.A., Kornev S.I.
New approach to analysis to tags reading data of northern fur seal females 78

Klepikovskiy R.N., Ivshin V.A.
Analysis of the occurrence of cetaceans in the Barents Sea and some factors determining their distribution in the autumn-winter period of 2007-2019 87

Artukhin Y.B.
Interactions of seabirds with fishing gear in pollock and squid trawl fisheries in the northwestern part of the Bering Sea during the ice-free period 98

AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES

Aseeva N.L., Kravchenko D.G., Izmyatinsky D.V.
Dynamics of biomass of commercial fish of the bottom-near bottom complex in the Primorye subzone in 2009-2020. 110

HABITAT OF AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES

Novikov M.A., Gorbacheva E.A.
Studies on the profile of polychlorinated biphenyls congeners in bottom sediments of the Barents Sea 125

AQUATIC BIORESOURCES PROCESSING TECHNOLOGIES

Gritsenko A.V., Kaev A.M., Uglova T.Yu.
Geographic variability of biological and normative characteristics of pink salmon 136

Podkorytova A.V., Ignatova T.A.
Marine red algae as an inexhaustible source of biologically active substances for medicine and pharmaceuticals. . 151

ECONOMICS, INTERNATIONAL COOPERATION AND REGULATORY

BASES OF FISHERIES MANAGEMENT

Betin O.I., Truba A.S., Mukhamedova T.O.
Fisheries complex: concept, definition, structure 166

Voloshin G.A.
Integrated tools for managing the fishing industry in the context of Russia's new economic policy. 174

HISTORY

Sokolov K.M., Pashkova T.E., Benzik A.N.
To the 100th anniversary of the research vessel «Persey» (1922-2022) 182

INFORMATION

Sogrina A.V., Vedischeva E.V., Golovatyuk G.Y., Antonov N.P.
Pacific ocean perch and Atka mackerel research in the water of Eastern Kamchatka in February-April 2022. 189



XXI век — век Арктики

К.В. Колончин, О.И. Бетин

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

Целью настоящей статьи является экскурс в историю освоения Арктики разными странами, начиная с X века по настоящее время.

В основе анализа лежат геополитический и геоэкономический подходы к развитию межгосударственных отношений с точки зрения защиты национальных интересов России в области рыбохозяйственной деятельности и устойчивого развития Арктического региона в качестве стратегической ресурсной базы обеспечения социально-экономического развития страны, а также в качестве зоны мира, сотрудничества и сбережения уникальных экологических систем. Показано, что геополитический и геоэкономический подходы связаны между собой, а русское присутствие в Арктике, начавшееся с XVI столетия, всегда соответствовало национальным интересам России.

Научную новизну статьи составляют предложения по формированию государственной политики в сфере научных исследований и научного обеспечения рыбохозяйственной деятельности в Арктической зоне в долгосрочной перспективе в условиях комплексного морепользования и потепления климата.

Практическую значимость проведенного в статье исследования может иметь анализ нормативно-правового обеспечения хозяйственного освоения Арктики с точки зрения защиты запасов гидробионтов от истощения. В заключении сделан **вывод**, что внутренняя политика Арктического региона в сфере рыбохозяйственной деятельности должна быть направлена на повышение уровня жизни прибрежного населения, на строительство и реконструкцию морских портов и их терминалов, на реализацию мер по освоению континентального шельфа, а также на развитие системы образования и сохранение культурного наследия.

Ключевые слова: Арктика, моря, геополитика и геоэкономика, национальные интересы, нормативно-правовое обеспечение, рыболовство, стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации.

XXI century – the century of the Arctic

Kirill V. Kolonchin, Oleg I. Betin

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

The purpose of this article is an excursion into the history of the development of the Arctic by different countries, from the X century to the present.

The analysis is based on geopolitical and geo-economic approaches to the development of interstate relations from the point of view of protecting Russia's national interests in the field of fisheries and sustainable development of the Arctic region as a strategic resource base for ensuring the socio-economic development of the country, as well as as a zone of peace and cooperation and the conservation of unique ecological systems. It is shown that the geopolitical and geo-economic approaches are interconnected, and the Russian presence in the Arctic, which began in the XVI century, has always corresponded to the national interests of Russia.

The scientific novelty of the article consists of proposals for the formation of state policy in the field of scientific research and scientific support of fisheries activities in the Arctic zone in the long term in the conditions of integrated marine use and climate warming.

The practical significance of the research carried out in the article may have an analysis of the regulatory and legal support for the economic development of the Arctic from the point of view of protecting the reserves of hydrobionts from depletion.

In conclusion, it is concluded that the internal policy of the Arctic region in the field of fisheries should be aimed at improving the standard of living of the coastal population, the construction and reconstruction of seaports and their terminals, the implementation of measures for the development of the continental shelf, as well as the development of the education system and the preservation of cultural heritage.

Keywords: Arctic, seas, geopolitics and geo-economics, national interests, regulatory support, fishery, development strategy of the Arctic zone of the Russian Federation.

ВВЕДЕНИЕ

Арктика издавна привлекала внимание человека. Об этом свидетельствует обстоятельный экскурс в историю её освоения [Войтоловский и др., 2001].

В X веке норманны открыли Гренландию, русские Поморы в XII веке впервые достигли островов Колгуев, Вайгач, Новая Земля. Они ловили рыбу, охотились на тюленей, моржей не только в Белом и Баренцевом морях, но ходили морем и в «златокипящую Мангазею» – так называли восточное побережье Карского моря, а затем и на архипелаг Северного Ледовитого океана Шпицберген, который в те времена носил русское название Грумант.

С XVI до половины XIX века поморы на плоскодонных судах с мощным противоледным укреплением активно развивали морские промыслы моржа.

В первой половине XIX века путешественники писали о больших стадах моржей у южных берегов Шпицбергена. Наряду с Сибирью и Новой Землёй Шпицберген стал основным поставщиком моржового клыка, которого в XVIII веке поступало на российский рынок до тридцати тысяч пудов. Шпицбергенские промыслы славились также добычей белухи, нерпы и тюленей, объектом русских охотников были киты, добыча которых в больших количествах осуществлялась до XVII века.

При Иване Грозном активно развивалось арктическое мореплавание с целью разведки новых промыслов и поиска земель. В первой половине XVII века Северный морской путь был пройден русскими поморами поэтапно – по сибирским рекам от устья к устью, обогнув при этом Таймырский полуостров.

В 1648–1649 гг. якутский казак С. Дежнёв основал зимовье в верхнем течении реки Анадырь. Он совершил плавание из Колымы вокруг Чукотского полуострова в Берингово море и открыл Берингов пролив. В XVIII веке русскими исследователями осуществлена Великая Северная экспедиция (Х.П. и Д.Я. Лаптевы, С.Г. Малыгин, С.И. Челюскин и др.), была описана и составлена карта почти всего северного побережья Азии. На многих островах архипелага Шпицберген от крайнего юга до Северо-Восточной Земли в XVIII веке основаны промысловые поселения поморов.

В 1764–1766 гг. в направлении Северного полюса состоялась первая русская морская экспедиция под руководством капитана первого ранга В.Я. Чичагова.

Идея организации этой экспедиции принадлежала М.В. Ломоносову, который пытался отыскать кратчайший путь в Тихий океан. Суда В.Я. Чичагова должны были пройти между Гренландией и Шпицбергеном и, минуя Северный полюс, выйти к американскому

континенту, при этом архипелаг Шпицберген был базовой территорией [Перевалов, 1949].

При правлении императора Александра II были изданы указы, законодательно упорядочивающие рыболовство, в 1860 году утверждены правила рыболовства для районов Беломорско-Ледовитого бассейна [Рыбное хозяйство России, 2005].

В конце XIX и начале XX века в Арктику стремились полярные исследователи со всего света. Важные открытия сделали русские: М. Геденштром, Ф.П. Литке, П.Ф. Анжу, Ф.П. Врангель, П.К. Пахтусов, Э.В. Толль, В.А. Русанов, Г.Я. Седов. А также в открытиях участвовали шведы – Н. Норденшёльд, норвежцы – Ф. Нансен, О. Свердруп, англичане – Джон Росс, Джеймс Росс, американцы – Ф. Кук, Р. Пири и др. Русская экспедиция Б. Вилькицкого на «Таймыре» и «Вайгаче» в 1913 г. открыла Северную Землю [Войтоловский и др., 2001].

С началом XXI века Арктический регион становится центром экономических интересов разных стран.

Огромный минерально-ресурсный и топливно-энергетический потенциал, разнообразные биологические ресурсы, удобные транспортные пути, связывающие материки, широкое распространение малоизменённых природных ландшафтов Арктики являются важными для устойчивого развития не только государств, побережья которых выходят к морям Арктики, но и других стран.

Однако климатические изменения последних лет и растущая динамика технического прогресса быстро меняют представления о возможностях этого региона. Сочетание глобальных экономических и стратегических интересов привлекает к Северу повышенное внимание как арктических, так и удалённых от него стран. И если геополитика стремится к изучению взаимосвязей между регионами и социально-политическими организациями (нациями, государствами, цивилизациями) в определённые временные интервалы, то уникальность Арктики в том, что от неё такие организации в значительной степени удалены. Хотя в регионе присутствует малочисленное местное население, суровый климат, нехватка ресурсов и огромные расстояния существенно ограничивают их слияние в центры политической власти. Арктическая политика давно проводится в удалённых от полюса столицах стран, имеющих выход к арктическим морям.

Проблемы Арктики все чаще обсуждаются на страницах научных журналов и становятся важным предметом дискуссий на самых высоких международных переговорах. Этому во многом способствует потепление климата, вносящее коррективы в экономическую деятельность в арктическом регионе.

ГЕОЭКОНОМИКА И ГЕОПОЛИТИКА АРКТИКИ

В начале XXI века Арктика стала территорией взаимодействия политических, экономических и геополитических интересов многих стран. Это послужило дополнительным стимулом для развития этого региона и ускорило включение Арктики в мировой процесс глобального развития. Арктический регион становится центром будущего геостратегического противостояния из-за того, что в морской зоне Арктики появились юридически нерешённые проблемы освоения ресурсов. Исходя из национальных интересов Россия должна быть в курсе происходящих в Арктике процессов как эколого-экономических, так и геополитических.

Пространственная локализация типов экономической деятельности в глобальном контексте и связанная с этим феноменом новая формула мирового разделения труда и мирового дохода (глобальной природной ренты), а также слияние политики и экономики в сфере международных отношений и формирование на этой основе системы стратегических (глобальных) взаимодействий называется геоэкономикой, в соответствии с которой национальные интересы проявляются в экономических границах. Для выработки концепции национальной безопасности геополитический подход является центральным составным элементом новой парадигмы во внешнеэкономической деятельности. В современных условиях борьба за ресурсы Арктики проходит в условиях геоэкономической конкуренции, в которой выявляются перспективы экономического развития арктических территорий и позиционирование ведущих компаний. Конкурентные преимущества можно объединить в три группы. В первую группу входят природные ресурсы, освоение которых возможно в ближайшие 20–30 лет с учётом интенсивного развития инновационных технологий. Вторую группу конкурентных преимуществ представляют транспортные системы, связанные, в первую очередь, с транспортировкой сырьевых ресурсов, с учётом возможных климатических изменений. Третья группа представляет территорию Арктики как пространственный ресурс [Некlessа, 2009; Селин, Башмакова, 2010].

Современная геоэкономика связана с геополитикой, которая формируется под воздействием факторов глобализации [Дергачев, 2002; Кочетов, 2017¹].

Геополитика, как направление, занимающееся исследованием пространственных, географических, ресурсных и человеческих факторов, влияющих на международные отношения и практику вовлечённости государств в договорные отношения, показывает уро-

вень межгосударственных отношений. В современных условиях международных отношений в области освоения ресурсного потенциала Арктики ключевым вопросом геополитики является контроль над морским пространством и ресурсами в Арктике.

Генетическое и смысловое родство геоэкономики и геополитики состоит в исследовании международной конкуренции, в которой главными являются не промышленные корпорации или банки, а государства, которые могут использовать геоэкономические инструменты в борьбе за достижение успеха на мировых рынках [Жан, Савон, 1997].

Таким образом, геоэкономика и геополитика связаны между собой и предполагают разграничение интересов по контролю за пространственными территориями и трансформацией его в контроль над ресурсами. Формирование международно-правового статуса Арктики и прежде всего её континентального шельфа представляет собой проблему, которая оказывает значительное влияние на геополитическую ситуацию. Многие страны мира подали заявки в Комиссию ООН по границам континентального шельфа для его освоения. Арктический регион, к которому проявляют интерес разные государства, может стать предметом возможных территориальных споров, и в геополитике следует обратить внимание на разрешение конфликтов за обладание морским пространством.

НАЦИОНАЛЬНЫЕ ИНТЕРЕСЫ РОССИИ В АРКТИКЕ

В современном морском праве закреплено разделение Арктики на 5 секторов по северным границам России, США, Канады, Дании (Гренландии) и Норвегии, боковыми гранями являются меридианы, вершиной — Северный полюс. Все земли и острова в пределах, в первую очередь, каждого сектора входят в состав территории прилежащих государств. Площадь Русского сектора около 9 млн кв. км (6,8 млн кв. км составляет водное пространство).

России принадлежит почти половина территории и акватории в Арктике, ограниченная Северным полярным кругом. Это более чем вдвое превышает крупнейший зарубежный Канадский сектор. Российские моря занимают не менее 80% площади шельфа, опоясывающего Арктический сектор. К российскому арктическому побережью прилегает самая обширная в Мировом океане шельфовая зона, обладающая уникальными ресурсами [Аристов, 2010²]. Высокий геополитический статус России предполагает российское

¹ <https://www.rapn.ru/in.php?id=5839&gr=1607>

² Аристов И. Курс на Арктику. Морская коллегия обсудила поход за 30 триллионами долларов // Российская газета, 04.10. 2010.

участие и поддержку в решении проблем современной Арктики.

Морской доктриной Российской Федерации, утверждённой 31 июля 2022 г. В.В. Путиным, определены национальные интересы нашей страны, среди прочих (гл. 2, п. 9) – «развитие арктической зоны как стратегической ресурсной базы и её рациональное использование, включая полномасштабное освоение континентального шельфа за пределами 200-мильной исключительной экономической зоны Российской Федерации после закрепления его внешней границы в соответствии со статьёй 76 Конвенции ООН по морскому праву от 10 декабря 1982 года»³.

В целях обеспечения и защиты своих национальных интересов Доктриной названы три приоритетные зоны в Мировом океане. По значимости к жизненно важным зонам обеспечения национальных интересов отнесён арктический бассейн, прилегающий к побережью России, включая акваторию Северного морского пути (рис. 1).

Арктики обуславливают развитие международной кооперации в области исследований и вовлечения в хозяйственный оборот ресурсов региона для получения выгод и повышения конкурентоспособности.

В решении проблем с освоением ресурсов Арктики участвуют не только приарктические государства, но и страны, стремящиеся получить доступ к этому региону.

Установлено, что в среднем потепление климата в Арктике происходит в 2–3 раза быстрее по сравнению с другими районами Земли. За последние 50 лет температура в регионе повысилась на 3 градуса по Цельсию, а толщина арктического льда уменьшилась на 15–20%.⁴

Глобальные климатические изменения привели к активизации стран по осуществлению экономической деятельности. Благодаря потеплению климата, которое привело к таянию арктических льдов, снизились издержки на разведку полезных ископаемых, их добычу и транспортировку, а также открытие новых ранее недоступных морских маршрутов.

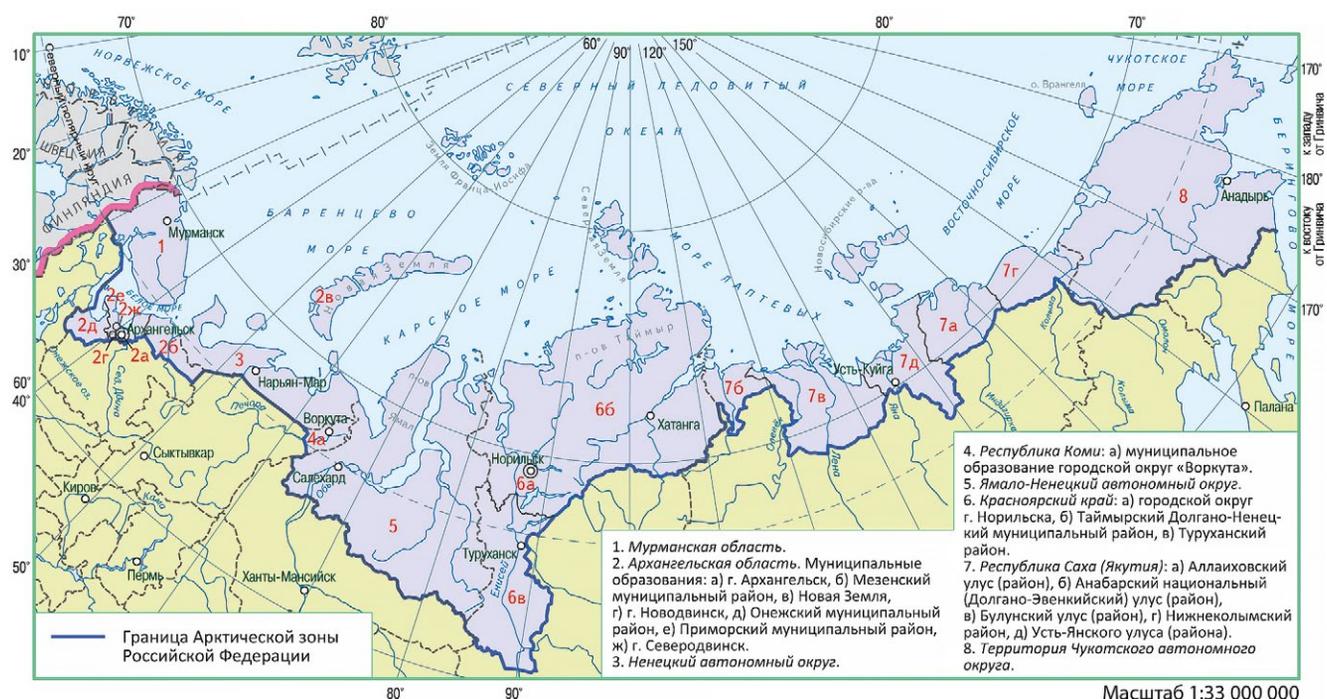


Рис. 1. Арктическая зона Российской Федерации

Fig. 1. The Arctic zone of the Russian Federation

В настоящее время не только Россия, приарктические государства, но и многие страны мира проявляют интерес к Арктике. Рост технических и технологических возможностей для освоения ресурсного потенциала

Климатические изменения в Арктике приводят к росту потребности в международных морских перевозках, а Северный Ледовитый океан становится важной транспортной артерией, обеспечивающей

³ <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202207310001>

⁴ Арктический совет. 1998. Программа устойчивого развития. Икалут, Канада. 9 с.

существенное сокращение транспортных издержек в перевозках между Европой и Азией.

Стратегия развития Северного морского пути (СМП) и план развития инфраструктуры Северного морского пути до 2035 года,⁵ утверждённый Президентом РФ В.В. Путиным от 01.08.2022 № 2115-р, активизируют государственную политику в Арктическом регионе и превращают СМП в постоянно действующую национальную транспортную систему, обеспечивающую круглогодичное обслуживание крупнейших центров эксплуатации природно-ресурсной базы и населения крайнего Севера.

Для Арктического региона СМП является одним из важнейших элементов экономической системы России, который играет ключевую роль в мировой экономике и политике.

Освоение ресурсного потенциала Арктики имеет важное значение в экономике России.

Реки России, впадающие в арктические моря (табл. 1), имеют особенность меридиального направления. Большинство рек впадают в Северный Ледовитый океан (64%).

горбуши, арктического гольца и морского зверя. В Чукотском море развит промысел гольца, полярной трески, минтая, серых китов, морских тюленей и нерпы (табл. 2).

Особую значимость имеет промышленное рыболовство в Арктике для обеспечения продовольствием, защиты экосистем и поддержки малочисленных коренных народов Севера.

В табл. 2 показано, что при стабильном общем вылове, он снижается в основных Арктических зонах промысла, таких как Ненецкий АО, Республика Коми, и Архангельская область, в других зонах вылов в последние 20 лет находится на одном и том же уровне.

В настоящее время Арктика является менее загрязнённым районом планеты и, наряду с пространствами Европейского Севера, Сибири и Дальнего Востока, важнейшим фактором глобальной экологической стабильности. Следует иметь в виду, что арктические экосистемы весьма чувствительны к локальным антропогенным воздействиям и дальним переносам загрязнений. Это обязывает наше общество к необходимости принятия мер по сохранению природной среды Арктики для будущих поколений [Порфирьев, 2008].

Таблица 1. Реки России, впадающие в Северный Ледовитый океан

Table 1. Russian rivers flowing into the Arctic Ocean

Моря и о-ва Северного Ледовитого океана	Всего	В том числе:						
		Белое	Баренцево	Карское	Лаптевых	Восточно-Сибирское	Чукотское	Острова Северного Ледовитого океана
Количество рек	1629121	109534	61348	475187	421786	483672	41830	35764
Протяжённость, км	5715476	373898	240103	2278219	16411381	997980	84215	99680

Богатая ихтиофауна и экосистемы морей и рек Северного Ледовитого океана определяют развитие промышленного рыболовства. Баренцево море и впадающая в него река Печора богаты основными промысловыми видами рыб: треска, пикша, сельдь атлантическая и камбалы. Внутриматериковое Белое море с реками Северная Двина, Онега, Мезень располагает к развитию промысла сельди, сиговых, наваги и добычи тюленя. Карское море с реками Обь и Енисей богаты рыбой сиг, муксун, чир, пелядь, голец, камбала и др. В море Лаптевых, с впадающими реками Хатанга, Лена, Яна, обитают сиг, чир, хариус, нельма, а также морж, морской заяц, нерпа. В Восточно-Сибирском море с реками Индигирка, Алазея, Колыма большие запасы сига, хариуса, нельмы,

⁵ <http://static.government.ru/media/files/StA6ySKbBceANLRA6V2sF6wbOKSyxNzw.pdf>

Российские территории Севера и Арктики имеют значительный человеческий потенциал, адаптированный к жизни и работе в экстремальных условиях. Наличие квалифицированных трудовых ресурсов, высокообразованных инженерно-технических, научных и преподавательских кадров вместе с уникальным природно-ресурсным потенциалом, развитым индустриальным комплексом и значительным культурным потенциалом, обогащённым этнокультурным достоянием коренных народов Севера, создают необходимые предпосылки для устойчивого развития северных и арктических территорий страны. При этом организационно-экономический механизм активной промышленной политики должен базироваться на интеграции интересов и ресурсов бизнеса, региональ-

Таблица 2. Российский вылов рыбы и млекопитающих в арктических морях и впадающих в них реках, тонн
Table 2. Russian catch of fish and mammals in the Arctic seas and rivers flowing into them, tons

Районы промысла / годы*	2000	2005	2010	2015	2020	2021
Итого	450540	340695	491108	453228	426934	435059
<i>в том числе:</i>						
Баренцево море, река Печора	427581	314132	459055	416646	387485	391279
Белое море, реки Сев. Двина, Онега, Мезень	5144	4690	4548	3272	2217	2613
Карское море, реки Обь, Енисей, Пясины	14135	16352	17459	20909	25785	32131
Море Лаптевых, реки Хатанга, Лена, Яна, Чондон, Омолой, Оленек, Анабар	2456	2337	2014	2408	2776	2748
Восточно-Сибирское море, реки Индигирка, Алазея, Колыма	876	1444	1215	1135	1540	1176
Чукотское море, реки Амгуэма, Ноатак	348	1740	6817	8858	7131	5112

Примечание: * – включён вылов в Баренцевом море вокруг земель и островов, указанных в Постановлении Президиума ЦИК от 15 апреля 1926 г. «Об объявлении территорий Союза ССР земель и островов, расположенных в Северном Ледовитом океане»⁶.

ных и муниципальных органов государственной власти и общественных институтов.

Подводя итог сказанному, следует ещё раз подчеркнуть, что Россия обладает колоссальными производственными ресурсами в Арктике, которые способны обеспечить как непосредственно энергетическую безопасность государства, так и его устойчивое социально-экономическое развитие.

Рост масштабов хозяйственной деятельности вызовет рост экологических угроз для здоровья уязвимых экосистем полярных морей. Противодействием на пути роста угроз должно стать активное взаимодействие всех заинтересованных в освоении ресурсов Арктики сторон.

НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОСВОЕНИЯ АРКТИКИ

Реализация национальных интересов России в Арктическом регионе опирается на Указ Президента России В.В. Путина от 05 марта 2020 г. № 164 «Об основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года»⁷.

Указ Президента Российской Федерации В.В. Путина № 645 от 26 октября 2020 г. «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года»⁸, в котором представлены особенно-

сти Арктической зоны и специальные подходы к её социально-экономическому развитию и обеспечению национальной безопасности в Арктике представлен в таблице 3.

С точки зрения национальных интересов России в акватории Европейской Арктики в условиях глобализации эффективное морепользование может быть реализовано на принципах интеграции с учётом особенностей экономического и социального развития всех субъектов регионального хозяйствования. В отношении рыбохозяйственного комплекса при организации промышленного рыболовства в Арктике следует принимать во внимание:

- экстремальные природно-климатические условия, включая постоянный ледовый покров или дрейфующие льды в арктических морях;
- низкую устойчивость экологических систем, определяющую биологическое равновесие и климат Земли, и их зависимость даже от незначительных антропогенных воздействий;
- необходимость создания новых научно-исследовательских судов и рыболовного флота.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ нормативных документов стратегического планирования до 2035 года, принятых в 2019–2022 гг., закладывающих основу развития российской Арктики, позволил определить основные национальные политические и экономические интересы в этом регионе.

Одними из главных обозначенных задач в этих документах, являются «обеспечение суверенитета и территориальной целостности», «сохранение Арктики как территории мира, стабильного и взаимовыгодного сотрудничества», необходимость повыше-

⁶ <https://docs.cntd.ru/document/901761796>

⁷ Указ Президента РФ от 05 марта 2020 г. № 164 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45255>

⁸ Указ Президента РФ от 26 октября 2020 г. № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74710556/>

Таблица 3. Основные направления реализации Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации в отдельных субъектах и муниципальных образованиях Российской Федерации

Table 3. The main directions of the implementation of the Arctic Zone Development Strategy of the Russian Federation in individual subjects and municipalities of the Russian Federation

Комплексное развитие морских портов и их терминалов Мурманск, Певек, Сабетта, Зеленый Мыс, Диксон и Дудинка, Архангельск, Провидения, Нарьян-Мар, в бассейнах рек Колыма, Печора, Анабар, Лена, Яна, Индигирка, Беломорско-Балтийского канала; развитие проекта строительства глубоководного морского порта Индига.	Мурманская обл. Архангельская обл. Чукотский АО Ямало-Ненецкий АО Ненецкий АО Респ. Карелия Респ. Саха (Якутия) Красноярский край
Создание и развитие предприятий морехозяйственного сервисного комплекса, осуществляющих ремонт, снабжение и бункеровку судов, развитие береговых баз в целях оказания на конкурентной основе услуг компаниям, осуществляющим судоходство в акватории Северного морского пути и реализующим проекты в Арктической зоне [Указ Президента РФ от 26 октября 2020 г. № 645, п. 20-...].	Мурманская обл. и Архангельская обл.
Развитие рыбохозяйственного комплекса (с учётом необходимости сохранения и развития ресурсного потенциала рыбного хозяйства), техническое перевооружение предприятий, включая строительство судов, ввод новых мощностей по глубокой переработке водных биологических ресурсов на современной технологической и организационной основе, а также развитие аквакультуры [Указ Президента РФ от 26 октября 2020 г. № 645, п. 20-...].	Мурманская обл. Архангельская обл. Респ. Карелия
Развитие туристско-рекреационных кластеров, в том числе инфраструктуры культурно-религиозного, культурно-познавательного, этнографического, экологического, туристического и этнического туризма г. Кировска, с. Териберка, Ковдорского, Печенгского и Терского муниципальных районов, Соловецких островов, Таймырского Долгано-Ненецкого муниципального района, г. Норильска и г. Дудинки, г. Салехард, г. Лабытнанги и пос. Харп.	Мурманская обл. Архангельская обл. Ненецкий АО Ямало-Ненецкий АО Респ. Карелия Респ. Коми Респ. Саха (Якутия) Красноярский край
Развитие транспортной инфраструктуры и железнодорожной магистрали Сосногорск – Индига.	Архангельская обл. Ненецкий АО Респ. Коми

ния приоритетности вопросов экологии и сохранение уникальных экологических систем Арктики.

Внутренняя политика Арктического региона предполагает повышение уровня жизни, строительство и реконструкцию морских портов и их терминалов, реализацию мер освоения континентального шельфа, развитие системы образования, сохранение культурного наследия, что приведёт к реализации национальных интересов России.

Экономическое развитие Арктики должно обеспечить прекращение оттока населения и создание рабочих мест в промышленном рыболовстве.

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 ФГБНУ «ВНИРО».

ЛИТЕРАТУРА

- Войтоловский Г.К., Андреев Ю.Н., Барабанов И.П., Беляев А.В., Корзун В.А., Косолапов Н.А., Ларионов П.А., Местечкин В.М., Московенко М.В., Писарев В.Д., Плакий В.Я., Серебряников В.Б., Сергеев П.А., Широв А.А. 2001. Российская Арктика: Справочник для гос. служащих. М.: Дрофа. 337 с.
- Дергачев В.А. 2002. Геоэкономика (Современная геополитика). Учебник для вузов. Киев: ВИРА-Р. 512 с.

- Жан К., Савон П. 1997. Геоэкономика (господство экономического пространства). М.: ad Marginem. 207 с.
- Некlessа А.И. 2009. Геоэкономическая формула мироустройства. Траектории России в новом универсуме // Материалы научного семинара. Вып. № 1. М.: Научный эксперт. С. 9–56.
- Перевалов В.А. 1949. Ломоносов и Арктика. М.-Л.: Изд-во Главсевморпути. 503 с.
- Порфирьев Б.Н. 2008. Экономика климатических изменений. М.: Анкил. 168 с.
- Селин В.С., Башмакова Е.П. 2010. Значение северных и арктических территорий в новых геоэкономических условиях развития России // Регион: экономика и социология. № 3. С. 23–39.
- Рыбное хозяйство России. 2005. Альманах. М.: Федеральное агентство по рыболовству, Изд. Дом «АСМО-пресс», ООО «Издательство Дарин», 400 с.
- nikov V.B., Sergeev P.A., Shirov A.A. 2001. Russian Arctic: Handbook for civil servants. M.: Drofa. 337 p.
- Dergachev V.A. 2002. Geoeconomics (Modern Geopolitics). Textbook for universities. Kiev: VIRA-R. 512 p.
- Jean K., Savona P. 1997. Geoeconomics (the dominance of economic space). M: ad Marginem. 207 p.
- Nekless A.I. 2009. Geo-economic formula of the world order. Trajectories of Russia in the new universe // Materials of the scientific seminar. No. 1. M.: Scientific expert. Pp. 9–56.
- Perevalov V.A. Lomonosov and the Arctic. Glavsevmorput publishing House, 1949.– 503 p.
- Porfrieв B.N. 2008. Economics of climate change. M.: Ankil. 168 p.
- Selin V.S., Bashmakova E.P. 2010. The importance of the northern and Arctic territories in the new geo-economic conditions of Russia's development // Region: Economics and Sociology. No. 3. Pp. 23–39.
- Russian Fisheries. 2005. Almanac. M.: Federal Agency for Fisheries, Ed. ASMO-Press House. 400 p.

REFERENCES

Voitolovsky G.K. Andreev Yu.N., Barabanov I.P., Belyaev A. V., Korzun V.A., Kosolapov N.A., Larionov P.A., Mestechkin V.M., Moskovento M. V., Pisarev V.D., Plaksy V. Ya., Serebrya-

Поступила в редакцию 25.07.2022 г.
Принята после рецензии 05.09.2022 г.



Промысловые виды и их биология

Пространственно-функциональная структура популяций кальмаров рода *Berryteuthis* в дальневосточных морях России

Д. О. Алексеев

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

Целью работы является описание пространственно-функциональной структуры ареалов популяций кальмаров рода *Berryteuthis*.

Методы исследования заключаются в анализе биологического состояния и распределения кальмаров согласно общепринятым методикам, указания на которые приведены в работе.

Результаты: в пределах северо-западной части Тихого океана обитают два вида рода *Berryteuthis* – командорский кальмар *B. magister* и *B. septemdentatus*. Две популяции командорского кальмара существуют на основе крупномасштабных циркуляций в Беринговом и Охотском морях. Ареал *B. septemdentatus* ограничен Японским морем, в пределах которого существует одна популяция. Все популяции имеют сходные особенности пространственной организации. В основе ареала каждой из популяций выделяются протяжённые зоны нереста и нагула, которые более или менее разобщены между собой. Зоны нагула, в целом, приурочены к участкам повышенной продуктивности.

В обсуждении результатов показано, что генеральное направление миграций этих видов совпадает с циклоническими циркуляциями в населяемых ими морях. В пределах ареалов каждой из популяций имеются несколько путей миграции в соответствии с локальными течениями. В целом, это формирует «миграционную сеть» в каждой популяции. Наличие «миграционной сети» и протяжённых зон размножения служит обеспечению устойчивости популяций посредством создания благоприятных условий для нереста хотя бы части каждого поколения.

Новизна работы заключается в обобщённом описании пространственно-функциональной структуры популяций кальмаров рода *Berryteuthis* и объяснении её роли в реализации экологической жизненной стратегии этих кальмаров.

Заключение: пространственная организация популяций *Berryteuthis* определяется их принадлежностью к пассивно-нектонной жизненной форме. Существование этих популяций обеспечивается крупномасштабными циркуляциями вод. В северо-западной части Тихого океана существуют две популяции кальмара *B. magister* и одна популяция *B. septemdentatus*.

Ключевые слова: *Berryteuthis*, ареал, популяция, миграции, пространственная организация, северо-западная Пацифика.

Spatial and functional structure in populations of squid of the genus *Berryteuthis* in the Russian Far Eastern seas

Dmitry O. Alexeyev

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

The purpose of this study was to describe spatial and functional structure of geographic distribution areas for populations of squid of the genus *Berryteuthis*.

The research methods consist of the analysis of the squid biological characteristics and distribution according to conventional methods.

Results: Two species of the genus *Berryteuthis* inhabit the northwestern Pacific: the schoolmaster gonate squid *B. magister* and *B. septemdentatus*. Two *B. magister* populations, which live in the Bering and Okhotsk seas, are associated with the large-scaled marine circulations. A single population of *B. septemdentatus* inhabits the Sea of Japan. All *Berryteuthis* populations have similar traits in spatial organization. Extended spawning and feeding zones form the basis for distribution area of each population. These zones are geographically more or less separated from each other. Feeding zones are confined to high productivity areas.

Discussion: It was suggested that general direction of migrations in these two *Berryteuthis* species correspond to cyclonic circulations in the seas, where they occur. There are several migration routes within distribution area of each population, which correspond to local currents. Migration routes form a “migration net” in each population. Such a “migration net” along with extended breeding zones ensures the sustainability of populations and provide comfortable conditions for spawning, at least for a part of each generation.

The novelty of this research lies in generalized description of spatial and functional structure in *Berryteuthis* populations, and explanation of ecological life history strategy for all populations of the genus *Berryteuthis*.

Conclusion. Suggested general scheme for spatial organization of *Berryteuthis* populations is determined by a passive-nectonic ecological life form of these squid. The existence of these populations is related to the large-scale water circulations. Two populations of *B. magister* and one population of *B. septemdentatus* occur in the northwestern Pacific.

Keywords: *Berryteuthis*, population, area, migrations, spatial organization, northwestern Pacific.

ВВЕДЕНИЕ

Род *Berryteuthis* (Naef, 1921) — наиболее значимый по численности и биомассе из кальмаров семейства Gonatidae в водах северной части Тихого океана. Командорский кальмар *B. magister* (Berry, 1913) является одной из ведущих форм присклоновых сообществ северной части Тихого океана. Это самый востребованный и наиболее масштабно эксплуатируемый вид головоногих в водах России. Однако до настоящего времени предлагались различные трактовки числа независимых популяций командорского кальмара, пространственной и функциональной структуры как его ареала в целом, а также структуры его отдельных популяций, которые часто противоречили друг другу, а иногда были не совсем логичны.

Ареал командорского простирается в северной части Тихого океана от Корейского пролива и о. Хонсю до северной Калифорнии [Несис, 1985; Nesis, 1997, 1998; Филиппова и др. 1997; Okutani, 1980; Okutani et al., 1987; Katugin et al., 2013]. Недавно [Alexeyev et al., 2022] было показано, что дифференциация кальмаров из Японского моря достигла уровня, позволяющего считать их самостоятельным видом *Berryteuthis septemdentatus* (Sasaki, 1915). Таким образом, на настоящий момент ареал командорского кальмара сузился до Берингова и Охотского морей и вод северной части Тихого океана от Японии до Калифорнии.

Число независимых популяций в пределах этого ареала определялось разными авторами по-разному. Первоначально популяции определялись интуитивно, по принадлежности к водоёмам или географическим регионам [Федорец, 1979; Раилко, 1983; Несис, 1989]. При этом большинство авторов, вполне обоснованно, избегали упоминания термина «популяция».

О.Н. Катугиным [Katugin, 1995] было доказано обособленное положение двух популяций командорского кальмара в заливе Аляска и в Японском море (последняя позднее была признана другим видом). Остальная часть ареала командорского кальмара, включающая в себя Охотское и Берингово моря и сопредельные с ними прибрежные воды Тихого океана, по мнению Катугина, населена огромным образованием надпопуляционного ранга, с населением разных районов, имеющим незначительные генетические

различия. Федорцом,¹ наоборот, было предложено значительно более дробное деление, с выделением трёх популяций в Беринговом море и двух — в Охотском море и сопредельных водах Тихого океана у Курильских островов. В восточной части Северной Пацифики предлагалось наличие двух популяций — в заливе Аляска и у берегов Калифорнии.

Подход с привлечением данных об особенностях биологии кальмаров рода *Berryteuthis* в рассматриваемых популяциях, накладывающий определённые ограничения на выбор акваторий, в пределах которых могут существовать самостоятельные популяции, показал пространственную организацию ареала командорского кальмара, в целом, сходной с представлениями О.Н. Катугина [1995], но с признанием самостоятельности охотоморской и берингоморской популяций. Впоследствии был накоплен ряд дополнительных аргументов в пользу такой точки зрения [Алексеев, 2007; 2012 б; 2018], однако подробное описание пространственно-функциональной структуры и её связи с миграциями кальмаров рода *Berryteuthis* были опубликованы лишь частично. В настоящей работе приводятся данные о реализации жизненных циклов в популяциях кальмаров рода *Berryteuthis*, в связи с миграционными циклами, реализуемыми в каждой из популяций, которые позволяют описать пространственно-функциональную организацию популяций. Показывается её адаптивное значение с учётом основных особенностей экологической жизненной формы кальмаров рода *Berryteuthis*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В настоящей работе использованы материалы исследований командорского кальмара в экспедициях ВНИРО: НПС «Одиссей» в 1984–1985 гг. (Японское море и Курильские острова); МФТ «Иоланта» в 2005, 2007, 2009–2012 гг. (Курильские острова); японские промысловые суда «Кайё-мару № 28», «Тенью-мару № 57» и «Тенью-мару № 78» в 1993–2001 гг. (Берин-

¹ Федорец Ю.А. 2006. Командорский кальмар *Berryteuthis magister* (Berry, 1913) Берингова и Охотского морей (распределение, биология, промысел). Дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток. ТИНРО-Центр. 283 с.

гово море). Также использовались отчётные материалы экспедиций СахНИРО на НИС «Дмитрий Песков» в 2000, 2002 гг. (Восточный Сахалин и северная часть Охотского моря); 2006–2008 гг. (Татарский пролив).

Оценки стадий зрелости кальмаров, приводимые в работе, приводятся в соответствии со специализированной шкалой стадий развития половой системы командорского кальмара [Нигматуллин и др., 1996] с внесёнными в неё небольшими изменениями [Лищенко и др., 2018], если не указано иное. Упоминаемая шкала стадий зрелости, использованная И.Р. Аюповым [2003] является незначительно изменённым вариантом 5-балльной шкалы стадий зрелости, использовавшейся ранее в ТИНРО, её описание приведено в работе Лищенко с соавторами. Упоминаемые в тексте оценки размеров кальмаров относятся к длине мантии по дорсальной стороне, определённой так, как это рекомендовано в работе Ю.А. Филипповой [1983] и в настоящее время общепринято при изучении головоногих моллюсков.

Оценки скоростей миграции командорского кальмара были выполнены на основе сравнительного анализа динамики размерного состава уловов командорского кальмара в западной части Берингова моря, у Восточной Камчатки и с тихоокеанской стороны Курильских островов, а также данных о скоростях течений в указанных районах, в горизонтах обитания командорского кальмара. Результаты таких расчётов были опубликованы ранее [Алексеев, 2007; Алексеев и др., 2017].

Упоминаемое в тексте деление Берингова моря на районы было принято в ходе исследований командорского кальмара в 1993–2001 гг. и применялось нами для исследуемых участков шельфа и материкового склона. Выделяемые районы: Наваринский — к востоку от 178° в. д., вплоть до российско-американской границы и к югу от Анадырского залива; Корякский район, подразделяемый на две части: восточная часть Корякского района — от 175° до 178° в. д. и западная часть Корякского района — от 170° до 175° в. д.; Олюторский залив — в соответствии с принятыми географическими границами — от м. Говена до м. Олюторский; хребет Ширшова — гряда подводных возвышенностей к югу от м. Олюторский. В Японском море Татарский пролив рассматривался в границах от пролива Невельского (граница с Охотским морем) примерно до траверза м. Ламанон.

В практике рыбохозяйственного районирования используется разделение Курильской гряды на северные (от о. Шумшу до о. Симушир) и южные (от о. Уруп до о. Кунашир и Малой Курильской гряды) Курильские острова. Однако в практике часто исполь-

зуется понятие «средние Курильские острова», под которыми подразумевается участок гряды от о. Симушир до о. Матуа, который отделен от более южных и более северных островов широкими глубоководными проливами.

При определении популяций в настоящей работе в качестве определения популяции за основу приняты критерии, предложенные В.Н. Беклемишевым [1960] и К.В. Беклемишевым [1969]. Степень контактов с населением сопредельных регионов или степень генетического своеобразия не рассматриваются в качестве обязательных критериев самостоятельности популяции. Под самостоятельной популяцией понимается общность особей (население определённого региона), способных неопределённо долго (в «биологическом» масштабе времени, то есть на протяжении, по крайней мере, многих сотен или тысяч лет) существовать и обеспечивать устойчивое самовоспроизведение независимо от контакта с населением других популяционных образований своего вида.

Используемая в работе характеристика жизненной формы командорского кальмара — «пассивно-нектонный», в целом, соответствует определениям относительно малоактивных нектонных видов, например, «нектопланктон» [Парин, 1968] или «планктонный нектеп» [Nigmatullin et al., 1995; Nigmatullin, Arkhipkin, 1998]. Смысл такого определения заключается в том, что в силу ряда особенностей физиологии, морфологии и онтогенеза кальмары рода *Berryteuthis*, обладая, в целом, нектонным обликом и будучи способными к достаточно активному перемещению в воде, неспособны к осуществлению длительных постоянных миграций без попутного течения [Алексеев, 2012 б; 2018]. Это, однако, не исключает способности особей данного вида к «кочёвкам» небольшой продолжительности и протяжённости независимо от направления господствующих течений.

Для описания и анализа структуры ареалов популяций и их границ за основу взяты схемы описания пространственно-функциональной структуры популяций пелагических животных [Парин, 1968; Беклемишев, 1969], доработанные в соответствии со спецификой биологии нектонных видов. В пространственно-функциональной структуре ареала самостоятельной популяции выделяются основа ареала и области возвратных и невозвратных миграций (соответствуют, в основном, областям стерильного и нестерильного выселения в структуре ареалов планктонных животных). В пределах основы ареала могут выделяться зоны размножения и нагула, а также транзитные участки между этими зонами.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Экологическая жизненная форма кальмаров рода *Berryteuthis* определена как пассивно-нектонная.² Для таких видов, при внешнем облике и подвижности, свойственным нектонным организмам, характерна неспособность к длительным направленным перемещениям против течения. Миграции таких видов осуществляются только с попутными течениями, а устойчивая реализация миграционного и жизненного циклов может реализовываться только на основе замкнутых водных циркуляций. Такие циркуляции формируют основы ареалов популяций при том, что весь ареал популяции может быть шире и включать в себя и другие районы. В северной части Тихого океана крупномасштабные циркуляции имеются в заливе Аляска, Японском море и в Беринговом и Охотском морях [Ростов и др., 2001]. Соответственно, имеются предпосылки для существования в этих районах самостоятельных популяций командорского кальмара. При этом население в Охотском и Беринговом морях (с прилегающими к ним акваториями) рассматриваются как две самостоятельные, открытые по отношению друг к другу популяции, каждая из которых базируется на собственном крупномасштабном круговороте.

В дальнейшем в работе будет приниматься такая схема пространственной популяционной организации на основе крупномасштабных круговоротов. В пределах российских вод располагаются беринговоморская и охотоморская популяции *B. magister*. Аляскинская популяция, рассмотрение которой выходит за рамки задач данной работы и в отношении которой имеется очень небольшой объём данных, в дальнейшем обсуждаться не будет.

Второй рассматриваемый в работе вид – *B. septemdentatus* – является эндемиком Японского моря. Существует единственная популяция этого вида, ареал которой совпадает с ареалом вида и охватывает всё Японское море.

Миграции кальмаров рода *Berryteuthis* как на стадии пелагической планктонной молодежи, так и на стадии придонно-пелагических взрослых особей могут осуществляться исключительно с использованием систем течений, которые обеспечивали бы попадание кальмаров из районов выклева в районы нагула, а оттуда в районы, пригодные для нереста. В результате должно обеспечиваться замыкание как миграционного, так и жизненного циклов, необходимое для устойчивого существования популяций. Такая система течений, в целом, формирует основу ареала популя-

ции, в пределах которой есть возможность для выделения репродуктивной и нагульной зон. Эти зоны могут в разной степени перекрываться или же быть пространственно разобщены.

Беринговоморская популяция

В пределах Берингова моря условия для существования независимой популяции командорского кальмара реализуются в системе крупномасштабного циклонического Западного субарктического круговорота, занимающего большую часть Берингова моря и участка акватории Тихого океана к востоку от побережья Камчатки и к югу от Командорских островов. Общая схема миграционного цикла командорского кальмара в Беринговом море вместе с преобладающими течениями беринговоморской циркуляции подтверждается большим количеством работ [Архипкин и др., 1996; Arkhipkin et al., 1996; 1998; Федорец и др., 1997 а]. Работы у Восточной Камчатки и северных Курильских островов показали наличие миграций командорского кальмара в южном направлении вдоль камчатских берегов с Восточно-Камчатским течением [Алексеев, 2007; 2009]. Возможны также возвратные миграции командорского кальмара от берегов Юго-Восточной Камчатки с ответвлениями Северотихоокеанского течения в сторону Алеутской гряды обратно в основу ареала в Беринговом море [Алексеев, 2012 а].

Анализ функциональной структуры ареала беринговоморской популяции удобно начать с рассмотрения зоны размножения – участков нереста кальмара. В пределах Берингова моря достаточно точно установлены у Командорских и Алеутских островов и на хребте Бауэрс [Шевцов, 1974; Федорец, 1983; Федорец и др., 1997 а], а также на ряде участков материкового склона вдоль Корякского берега [Бизиков, 1996 в; Алексеев, 2012 б]. Имеется также информация [Федорец, 1977], позволяющая допустить возможность существования участков нереста в районе Северо-Восточной Камчатки. В восточной части Берингова моря возможным участком нереста может быть также склон шельфа с беринговоморской стороны Алеутских островов [Jorgensen, 2003]. Это подтверждается находками многочисленной молодежи командорского кальмара вдоль материкового склона в восточной части моря [Drobny et al., 2007]. В результате, в Беринговом море имеется цепь участков, на которых образуются нерестовые скопления командорского кальмара от участков материкового склона к юго-западу от м. Наварин до восточных Алеутских островов.

Командорский кальмар попадает на нерестовые участки, мигрируя попутно с течениями циклонического круговорота крупномасштабной берингово-

² Алексеев Д.О. 2020. Пространственная биология командорского кальмара. Дисс. ... докт. биол. наук М.: ВНИРО. 378 с.

морской циркуляции. Очередное поколение молодых особей, мигрирующих из района выклева к участкам нерестилищ, появляется ежегодно в российской части Берингова моря весной. В апреле-мае такая молодь командорского кальмара наиболее многочисленна в восточной части российского сектора Берингова моря [Архипкин и др., 1996], хотя в небольшом количестве ювенильные особи начинают появляться и западнее, в Корякском районе, на участках, где во второй половине года начнут формироваться нерестовые скопления (рис. 1).

С течением времени средние размеры и степень развития половой системы кальмаров, подходящих сюда из восточной части моря увеличиваются (рис. 2), а участки обнаружения их повышенных концентраций постепенно смещаются в западном направлении вдоль материкового склона западной части Берингова моря [Бизиков, 1996 в].

В течение периода наблюдений в Беринговом море, ежегодно осуществлявшихся с апреля-мая по декабрь, ежегодно наблюдается последовательная смена поколений командорского кальмара, с постепенным созреванием кальмаров, мигрирующих в западном направлении вдоль материкового склона, и последующим накоплением кальмара на нерестовых участках. На рис. 3 показана такая смена поколений в районе нереста кальмара в Олюторском заливе, являющемся одним из важнейших участков нереста командорского кальмара в Беринговом море. На рисунке видно постепенное исчезновение из уловов к июлю-августу особей кальмаров, формировавших нерестовые скопления в сезон нереста 1997/1998 гг., а также постепенный переход в нерестовое состояние особей следующего поколения. Формирование нерестового скопления, в основном, завершилось к октябрю-ноябрю, а в декабре в районе отмечено

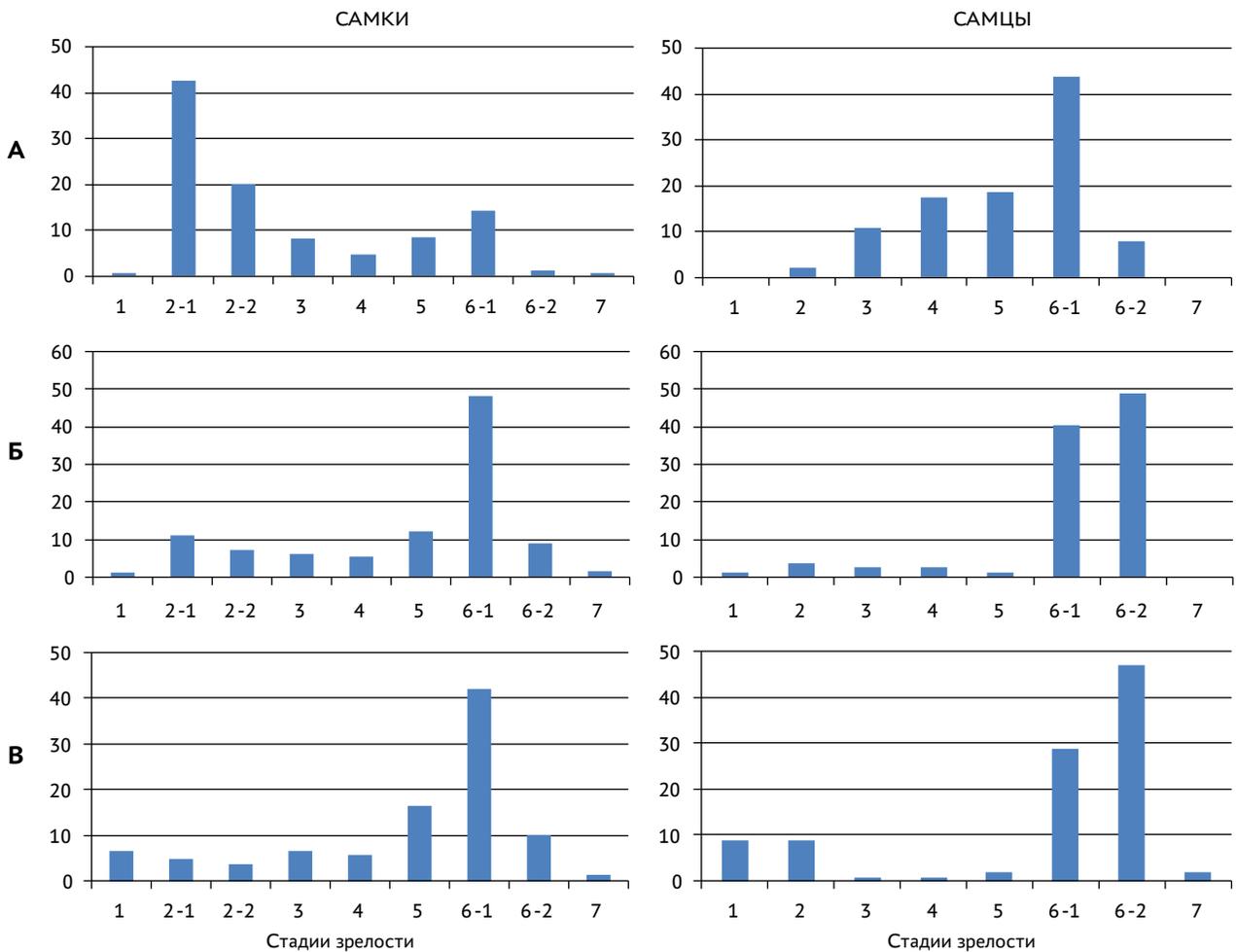


Рис. 1. Соотношение стадий зрелости командорского кальмара в траловых уловах в Наваринском районе (А), восточной части Корякского района (Б) и западной части Корякского района (В) Берингова моря в мае 1996 г.

Fig. 1. The ratio of maturity stages of Commander squid in trawl catches from the Bering Sea in Navarin area (A), eastern part of Koryak shore (B) and western part of Koryak shore (B) in May, 1996

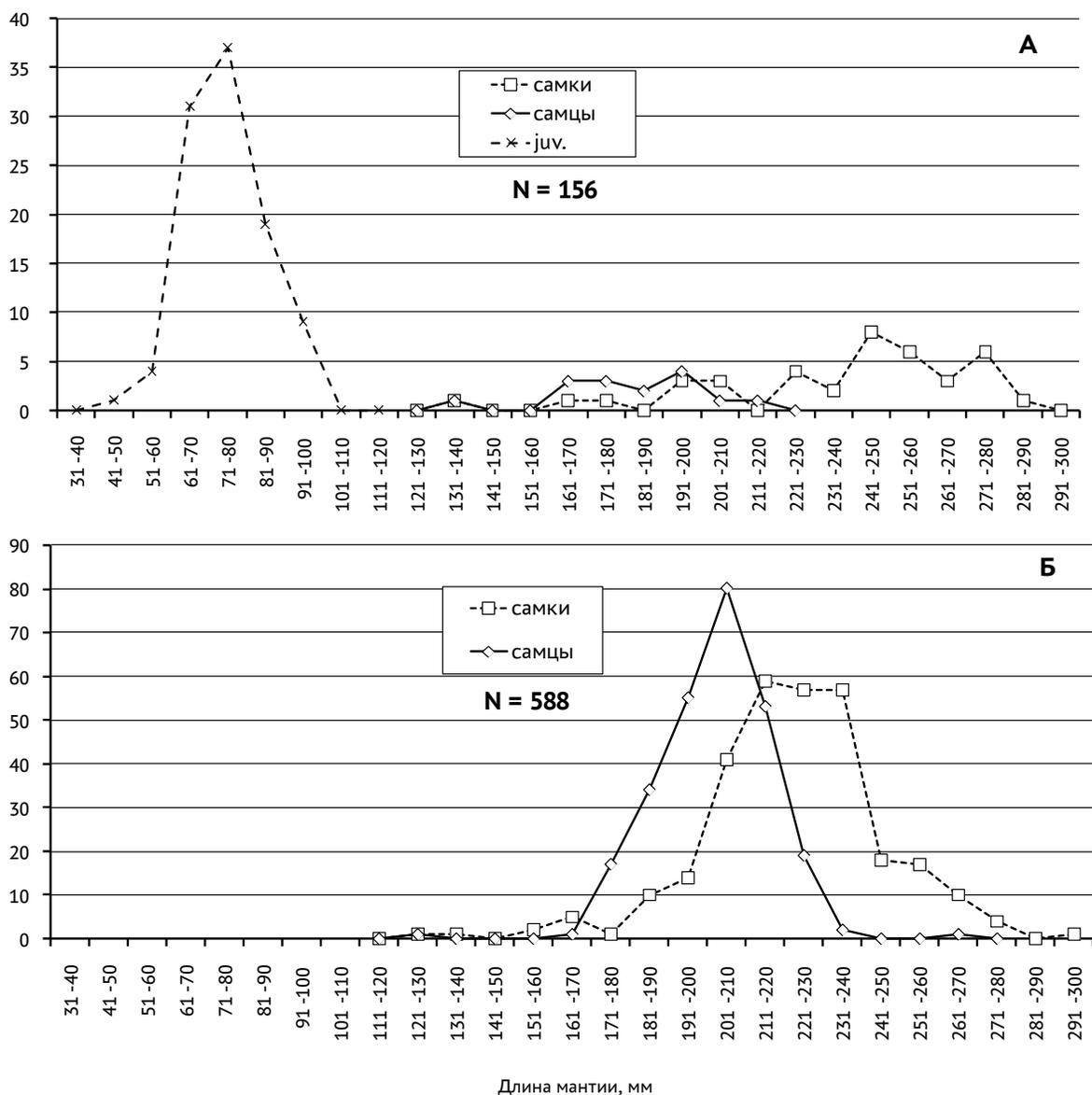


Рис. 2. Размерный состав уловов командорского кальмара в траловых уловах в Наваринском районе Берингова моря в июне (А) и июле (Б) 2000 г.

Fig. 2. Size composition of catches of Commander squid in trawl catches from Navarin area of the Bering Sea in June (A) and July (B), 2000

появление молодежи – потомства поколения, отнерестившегося осенью-зимой 1997/1998 г. Такая картина изменений состояния кальмаров в уловах с достаточным постоянством повторяется ежегодно и демонстрирует смену поколений кальмара, подходящих из более восточных районов, образующих к осени нерестовые скопления.

Примечательно, что в Беринговом море функционально зрелые особи командорского кальмара в небольшом количестве обнаруживаются практически в течение всего периода наблюдений повсеместно, в том числе и в районах, где не наблюдалось существенных нерестовых скоплений, а также в сроки, не

характерные для нереста. Кроме сезонов образования нерестовых скоплений, обычно приходящихся на осень – начало зимы, отдельные зрелые особи регистрируются в Беринговом море в течение большей части года (с апреля по декабрь), кроме периода с января по март, для которого нет данных [Бизиков, 1995 б]. Отдельные зрелые особи каждого из поколений начинают отмечаться в уловах, по крайней мере, за 2–3 месяца до начала массового нереста, и столько же после его окончания. Это является следствием сильной растянутости периода нереста командорского кальмара. Соответственно, сильно растянутым оказывается и период выклева следующего поколения. Как видно

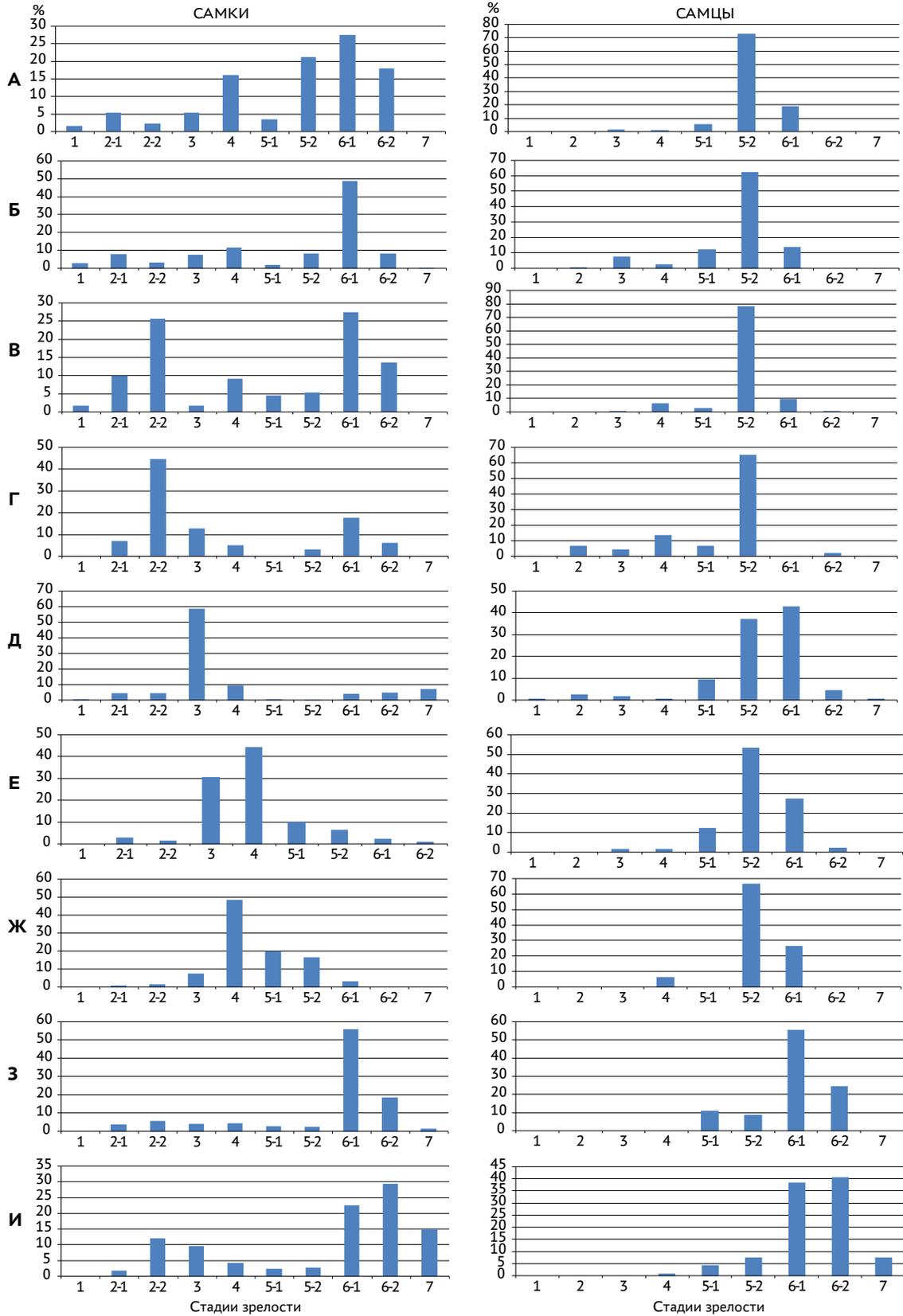


Рис. 3. Соотношение стадий зрелости командорского кальмара в траловых уловах в Олуторском заливе с апреля по декабрь 1998 г.: А – апрель, Б – май, В – июнь, Г – июль, Д – август, Е – сентябрь, Ж – октябрь, З – ноябрь, И – декабрь

Fig. 3. The ratio of maturity stages of Commander squid in trawl catches from Olutorsky Bay of the Bering Sea, April to December, 1998: А – April, Б – May, В – June, Г – July, Д – August, Е – September, Ж – October, З – November, И – December

из рис. 4, период выклева одного поколения растянут, по крайней мере, на 7–8 месяцев (а возможно и более). В Беринговом море наблюдается постепенное и непрерывное замещение особей молоди разных сроков выклева в течение всего периода наблюдений [Arkhipkin et al., 1998].

В других районах Берингова моря сроки и продолжительность периода нереста сравнимы с описанным выше нерестом у Корякского берега и в Олюторском заливе. У Командорских островов нерест наблюдался с начала осени до середины весны [Федорец,

1986]. Однако и здесь небольшое число зрелых особей также фиксируется в другие сезоны.

Таким образом, нерест одного поколения командорского кальмара оказывается растянут более чем на половину календарного года и включает в себя период интенсификации нереста с образованием нерестовых скоплений, который может продолжаться до 6 месяцев, а также фоновые «преднерест» и «посленерест», продолжительность каждого из которых может составлять до 2–3 месяцев, когда возможны случаи нерестового поведения отдельных кальмаров

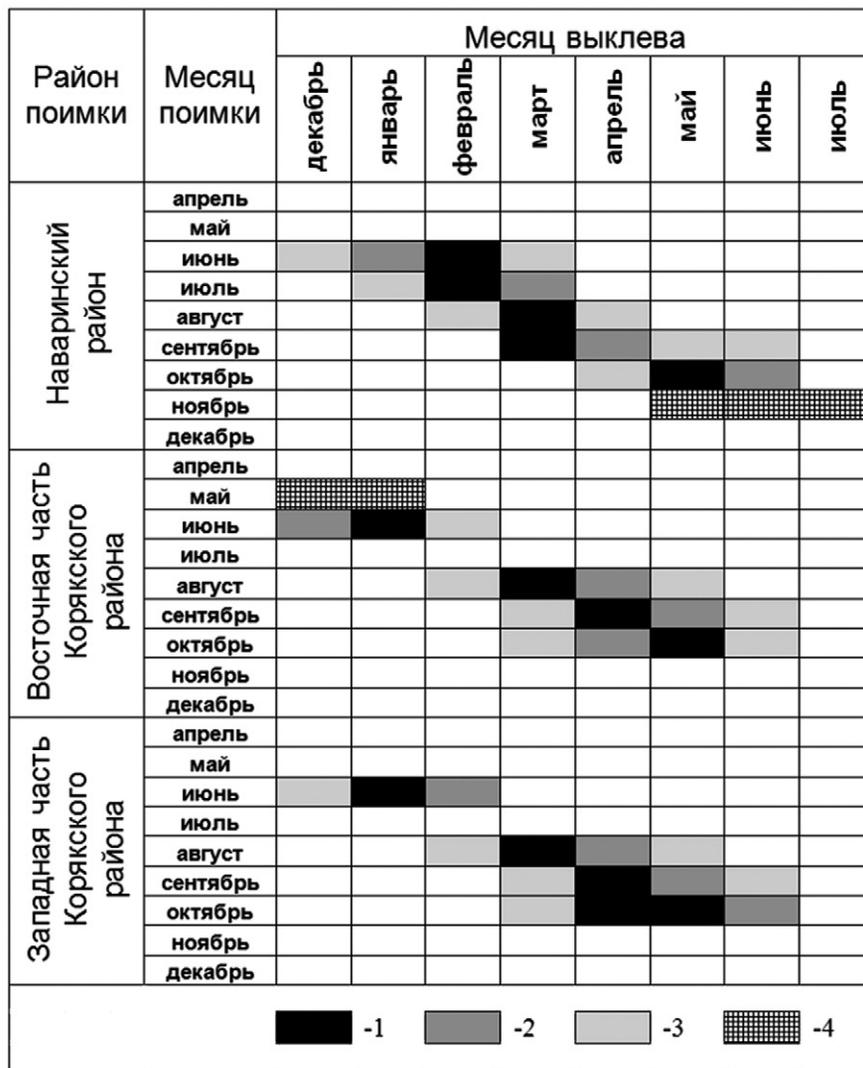


Рис. 4. Сроки выклева параларв командорского кальмара, рассчитанные по возрасту молоди, пойманной в июне-октябре 1994 г., ноябре 1997 г. и мае 2000 г. в западной части Берингова моря: 1–3 – дифференциация месяцев выклева в 1994 г. по наибольшему числу зарегистрированных особей (1), значительному числу особей (2) и незначительному числу особей (3) (по данным Архипкина с соавторами [1998]), 4 – сроки выклева молоди, пойманной в 1997 и 2000 гг.

Fig. 4. The timing of hatchling of Commander squid paralarvae, by the age of juveniles, caught in June-October 1994, November 1997 and May 2000 in the Western Bering Sea: 1–3 – differentiation of hatching months in 1994 by the largest number of specimens registered (1), a significant number specimens registered (2) and a few number of specimens registered (3), by data of Arkhipkin et al. [1988], 4 – terms of hatching of juveniles caught in 1997 and 2000

в не характерные для нереста сроки и/или вне районов нерестовых скоплений своего поколения. Такому «растягиванию» нерестового периода способствует наличие у командорского кальмара значительной изменчивости индивидуальных темпов роста, достаточно подробно описанной Архипкиным с соавторами [Архипкин, 1996; Архипкин, Бизиков, 1996; Архипкин и др., 1996; Arkhipkin et al., 1996; 1998], с дифференциацией по темпам роста быстрорастущих и тугорослых кальмаров. Это влечёт за собой растянутость во времени сроков созревания и вступления в нерест особей одного поколения.

Кроме основного направления миграций от мест выклева к участкам нереста вдоль материкового склона с генеральной системой циклонической циркуляции, в Беринговом море, в отдельных случаях, фиксируется появление мелкоразмерных кальмаров непосредственно у Корякского берега, которое не может быть объяснено миграциями вдоль материкового склона из восточной части моря. Так, в мае 1996 г. в Корякском районе Берингова моря отмечались подходы молоди кальмара, при их отсутствии восточнее, в Наваринском районе². Такая картина может быть объяснена миграциями молоди кальмара к Корякскому берегу непосредственно от мест выклева у Алеутских островов и на хребте Бауэрс с отклонениями ветвей циклонической циркуляции через центральную часть моря¹. Обнаружение командорского кальмара в центральной части моря, в пелагиали, было отмечено ранее [Федорец, Козлова, 1988].

Районы, в которых происходит рост и нагул неполовозрелых кальмаров, оказываются в значительной степени разобщены с районами нереста. В российской части моря наибольшие концентрации неполовозрелой молоди отмечаются в Наваринском районе. Половозрелые особи в этом районе отмечаются только на «фоновом» уровне, как упоминалось выше, и никогда не образуют скоплений. Так же преимущественно неполовозрелая молодь командорского кальмара составляет основу уловов в восточной части моря [Jorgensen, 2003; Drobny et al., 2007]. В западных районах моря (в Корякском районе и в Олюторском заливе) также регистрируются молодь и нагульные особи, но их доля в уловах существенно ниже, чем в восточных районах [Бизиков, 1996 б]. При этом районы массовой регистрации молоди командорского кальмара в Беринговом море в значительной мере скоррелированы с районами повышенной продуктивности [Маркина, Хен, 1990; Мещерякова, 1964; Аржанова и др., 1995; Springer et al., 1996]. Сроки обнаружения пелагической молоди командорского кальмара [Архипкин, Бизиков, 1996; Kubodera, Jefferts, 1984; Arkhipkin et

al., 1998; Jorgensen, 2007] свидетельствуют о том, что её появление также совпадает с сезонами повышения продуктивности и всплеск численности зоопланктона, составляющего основу рациона молоди кальмара [Верхунов, 1996 а, б; Arkhipkin et al., 1998].

Сопоставление приведённых данных о миграциях командорского кальмара в Беринговом море с изменениями его биологического состояния в разные сезоны и в разных районах, с привлечением имеющихся данных о направлениях его миграций на отдельных участках ареала, позволяет составить представление о единстве миграционного и жизненного циклов в берингоморской популяции. Система течений позволяет завершить миграционный цикл кальмара в пределах географических границ Берингова моря. Однако границы западного субарктического круговорота несколько шире и захватывают также часть акватории Тихого океана к востоку от берегов Восточной Камчатки [Котенёв, 1995]. Возможность выноса части особей кальмара берингоморской популяции за пределы Берингова моря с Камчатским течением и его дальнейшие миграции от Камчатского пролива на юг, к Курильским островам была показана в ряде работ [Федорец, Козлова, 1988; Алексеев, 2007; Алексеев и др., 2017]. Для этих особей сохраняется теоретическая возможность возвращения в систему циркуляции в пределах Берингова моря с ответвлениями Северотихоокеанского течения, направленными в сторону проливов западной части Алеутской гряды, через которые происходит основное поступление тихоокеанских вод в Берингово море. Известны находки молоди командорского кальмара в водах Тихого океана к востоку от Камчатки и к югу от Командорско-Алеутской гряды в пелагиали [Okutani, 1966; Okutani et al., 1988; Kubodera et al., 1983].

В результате, в водах Тихого океана образуется «треугольник», ограниченный с севера западной частью Алеутской гряды и Командорскими островами, а с запада Камчаткой и северными Курильскими островами, в пределах которого командорский кальмар может временно покидать Берингово море и возвращаться обратно, к Алеутским островам, а затем через проливы – в Берингово море. Возможность таких возвратных миграций в Тихом океане, над большими глубинами, где кальмар может мигрировать только в пелагиали, имеется только для молоди, до её перехода к придонному образу жизни, хотя известны и случаи обнаружения в пелагиали взрослых особей [Селивановский, Нигматуллин, 2002]. Можно предположить, что интенсивность возвращения командорского кальмара от северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки в Берингово море по та-

кому пути, вероятно, весьма непостоянна и связана с изменениями характера поступления вод в Берингово море [Хен, Заочный, 2009].

Наблюдающиеся в донных тралениях на материковом склоне Юго-Восточной Камчатки жизни взрослые кальмары, ведущие придонный образ и мигрирующие на юг, вероятно, в основной своей массе уже не имеют шансов на возвращение в Берингово море, в отличие от молоди, встречающейся в пелагиали мористее стрежня Камчатского течения. Попав на тихоокеанскую сторону материкового склона северных Курильских островов, взрослые кальмары окончательно попадают в зону невозвратных миграций своей популяции и смешиваются там с особями охотоморской популяции. По отношению к берингоморской популяции такие особи должны считаться безвозвратно утраченными для её репродуктивного потенциала, а районы, в которые они проникают, по своей сути сходны с областями стерильного выселения в популяциях планктонных животных [Беклемишев, 1969]. Соответственно, район вдоль Курильских островов

с тихоокеанской и, отчасти, с охотоморской сторон, рассматривается как зона невозвратных миграций берингоморской популяции. Вероятно, отдельные особи берингоморского происхождения могут достигать на юге тихоокеанской стороны северной Японии. Проникновение особей берингоморского происхождения в Охотское море через проливы ограничивается положением глубоководных проливов: от о. Уруп и далее на юг глубина в проливах слишком мала для миграции через них взрослых особей командорского кальмара, кроме того, в южной части гряды преобладает вынос вод из южной части Охотского моря в Тихий океан.

Ещё один район невозвратных миграций может существовать в северной части Берингова моря, к северу от основного циклонического круговорота (рис. 5). Отдельные находки командорского кальмара регистрировались в Беринговом море вплоть до Берингова пролива [Jefferts, 1988]. Вероятно, имеют место случайные выносы командорского кальмара в сторону Берингова пролива с ответвлениями при-

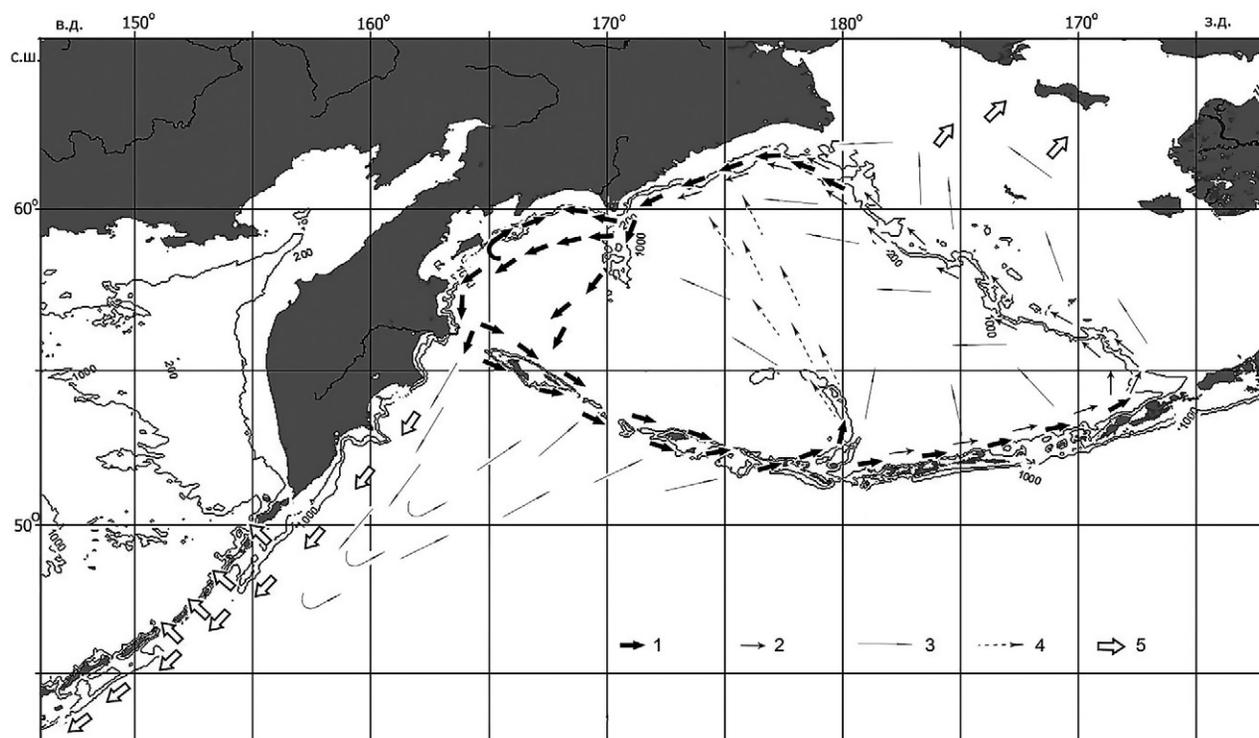


Рис. 5. Схема миграций командорского кальмара берингоморской популяции: 1 – миграции созревающих и зрелых кальмаров; 2 – миграции пелагических параларв и молоди; 3 – вынос пелагической молоди и нагульных кальмаров в зону возвратных миграций; 4 – нерегулярные миграции молоди через центральную часть Берингова моря; 5 – выселение в зону невозвратных миграций

Fig. 5. Scheme of migrations of Commander squid of the Bering Sea population. 1 – migrations of maturing and mature squids; 2 – migrations of pelagic paralarvae and juveniles; 3 – eviction of pelagic juveniles and fattening squids into the zone of returnable migrations; 4 – irregular migrations of juveniles via central part of the Bering Sea; 5 – eviction into the zone of unreturnable migrations

склонового течения Берингова моря. Представляется, что большинство таких особей обречено на гибель в районе Берингова пролива.

Обобщённо пространственно-функциональное районирование ареала берингоморской популяции командорского кальмара, с учётом приведённой выше схемы его миграций, показано на рис. 6. Необходимо ещё раз оговориться, что в небольшом количестве кальмары всех функциональных стадий могут быть встречены в пределах ареала практически повсеместно и в течение всего года. Поэтому выделение нерестовой и нагульной функциональных зон на приведённой схеме несёт некоторый оттенок условности. Тем не менее, достаточно чётко выделяются зона, в пределах которой постоянно преобладают и образуют скопления преднерестовые и нерестовые кальмары, а также зона, в пределах которой постоянно преобладают особи более ранних онтогенетических стадий.

Из приведённого выше описания также следует, что функциональное значение двух районов может меняться. В восточной части Корякского района расположен участок регулярного возникновения мезомасштабного присклонового круговорота южнее м. Наварин, который усиливается в годы ослабления

берингоморской циркуляции, когда циркуляция практически распадается на цепь локальных присклоновых круговоротов [Верхунов, 1996 а; Arkhipkin et al., 1998]. В такие годы наблюдался нерест кальмара в скоплении, образуемом на основе этого мезомасштабного круговорота. В годы интенсификации присклонового течения круговорот южнее м. Наварин ослабевает, и кальмары минуют его, почти не задерживаясь, образуя нерестовые скопления в западной части Корякского района.

Вторым районом с меняющимся функциональным значением, предположительно, можно считать участок центральной части моря от хребта Бауэрс к Корякскому берегу. В периоды интенсификации берингоморской циркуляции основная масса кальмара мигрирует вдоль материкового склона, а в центральную часть моря происходит только случайный вынос отдельных особей. В такие годы вся центральная часть моря, скорее всего, может рассматриваться как зона возвратных миграций, где могут нагуливаться отдельные особи. В периоды ослабления циркуляции хребет Бауэрс может способствовать отклонению отдельных ветвей течения от Командорско-Алеутской гряды на север, через центральную часть моря к Корякскому берегу. В этом случае может возникать направленный пере-

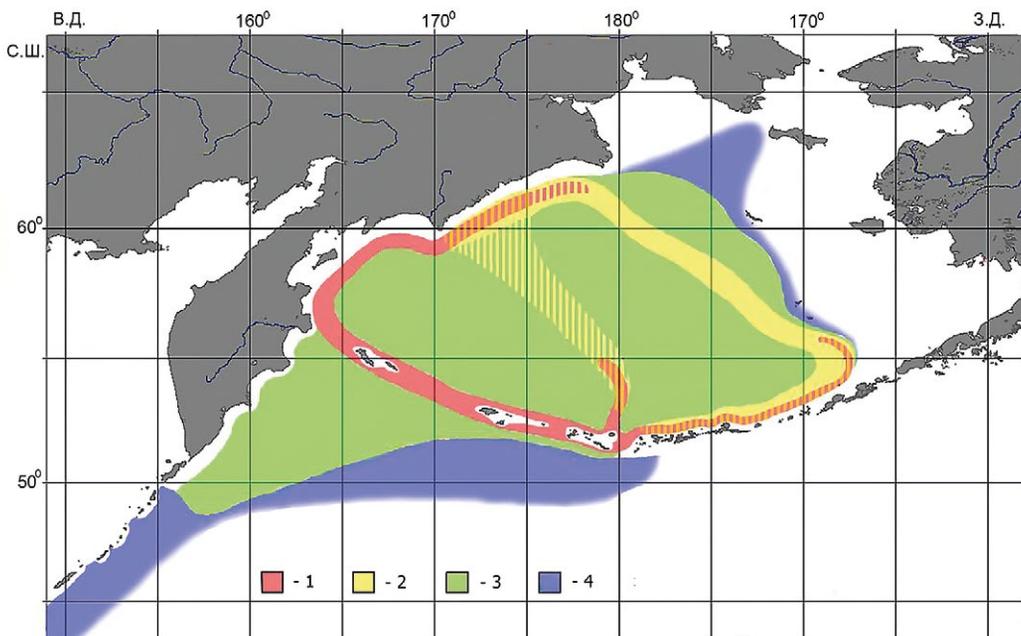


Рис. 6. Пространственно-функциональная структура берингоморской популяции командорского кальмара: 1 – репродуктивная зона; 2 – нагульная зона; 3 – зона возвратных миграций; 4 – зона невозвратных миграций; участки перекрытия различных зон показаны штриховкой

Fig. 6. Spatial and functional structure of the Bering Sea population of Commander squid: 1 – reproductive zone; 2 – fattening zone; 3 – zone of returnable migrations; 4 – zone of unreturnable migrations; areas of overlapping of different zones are shown by streaking

нос молоди командорского кальмара через хребет Бауэрс к районам нереста у Корякского берега.

Охотоморская популяция

Для Охотского моря работ, содержащих информацию об особенностях пространственной организации популяции командорского кальмара, немного [Kubodera, 1992; Аюпов, 2003; Алексеев, 2012 а; 2018], поэтому в описании пространственно-функциональной структуры охотоморской популяции приходится исходить из более скудного набора фактических данных, чем для Берингова моря или тихоокеанской стороны Курильских островов.

Командорский кальмар встречается в Охотском море практически повсеместно, за исключением самых северных мелководных прибрежных участков, а участки повышенной численности командорского кальмара тяготеют к материковому склону [Атлас ..., 2003]. В центральной части моря его численность значительно ниже, а случаи находок нерегулярны. Такая картина распределения вполне ожидаема, если исходить из аналогии с представлениями о миграциях и функциональной структуре ареала командорского кальмара в Беринговом море.

В определении зоны размножения можно исходить из того, что единственный район, для которого показан факт нереста командорского кальмара – охотоморская сторона северных Курильских островов. Имеются данные о нересте кальмара в декабре западнее о. Атласова на глубинах 800–1000 м, когда в уловах значительную долю особей составляли нерестящиеся и отнерестившиеся кальмары (рис. 7). В апреле в этом же районе доля нерестящихся особей была меньше, однако вполне сравнима с долей нерестящихся кальмаров на нерестилищах в Беринговом море в начале нереста [Алексеев, 2018]. Зрелые особи были отмечены в этом районе также Горбатенко с соавторами [1995].

Вблизи от указанного района отмечались и самые ранние параларвальные стадии командорского кальмара [Kubodera, Jefferts, 1984]: сообщалось о поимках параларв командорского кальмара и его молоди (длиной мантии не более 30 мм) в эпипелагиали у северных Курильских островов, с «шлейфом» в северо-западном направлении, вдоль материкового склона. Имеются также данные о поимках молоди командорского кальмара с охотоморской стороны Курильских островов в более южных районах [Nasagawa et al., 1998]. Это даёт основание предполагать существова-

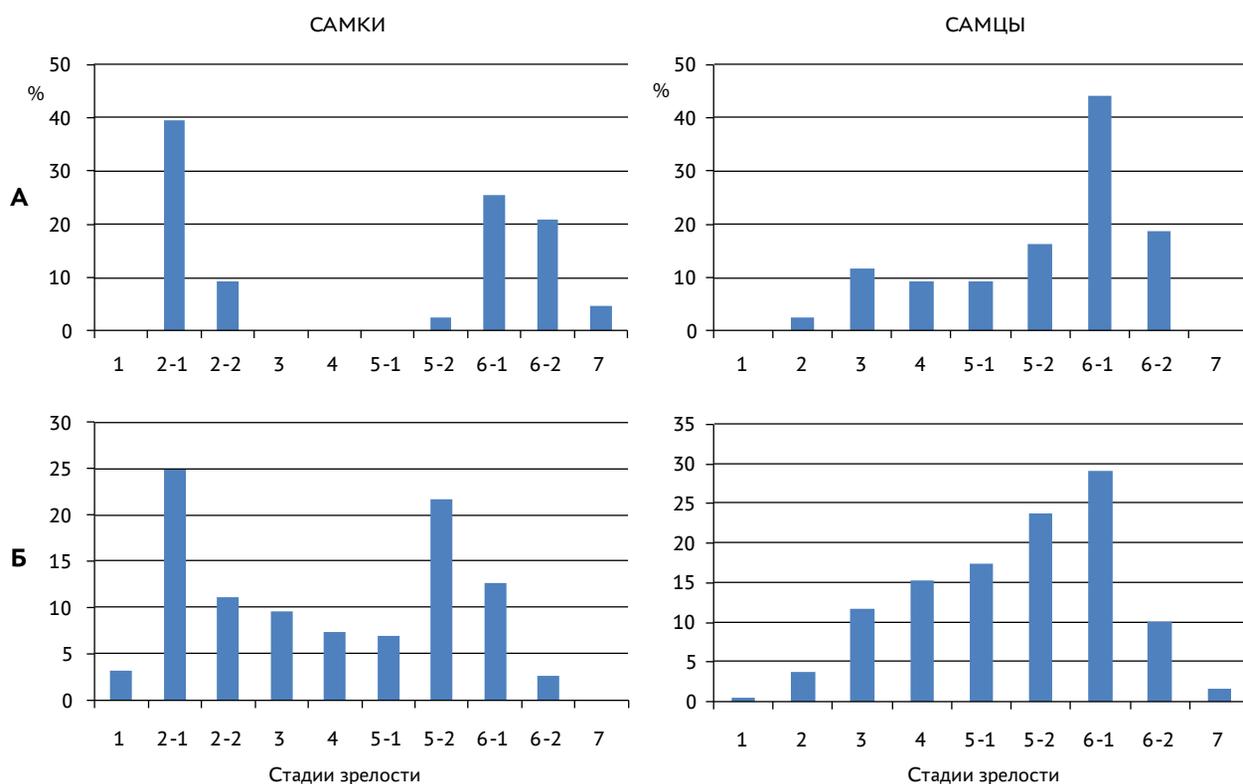


Рис. 7. Соотношение стадий зрелости командорского кальмара в траловых уловах с охотоморской стороны северных Курильских островов (западнее о. Атласова) в декабре 2005 и апреле 2010 гг.

Fig. 7. The ratio of maturity stages of Commander squid in trawl catches from Okhotsk Sea side of North Kurile Islands (westward of Atlasova Id.) in December, 2005 and April, 2010

ния участков нереста командорского кальмара вдоль Курильских остров с охотоморской стороны. Можно ожидать, что направление миграций молоди из этого района, как и в берингоморской популяции, будет опираться на крупномасштабную охотоморскую циклоническую циркуляцию вод.

Такое предположение подтверждается данными эпипелагических учётных съёмки над обширным североохотоморским шельфом, которые показывают наличие ранней молоди командорского кальмара в этом районе, преимущественно весной и летом [Атлас ..., 2003]. Наиболее высокая концентрация молоди, по результатам этих работ, отмечалась у северных Курильских островов и Юго-Западной Камчатки, а также у банок Кашеварова и Ионы и далее вдоль материкового склона к Восточному Сахалину.

Данные о биологическом состоянии и миграциях командорского кальмара в северной и западной частях моря получены из материалов комплексных траловых учётных съёмок. Так, с июля по октябрь 2000 г. в районах Охотского моря от банки Кашеварова и Шантарского района до залива Терпения у Юго-Восточного Сахалина данные о размерном составе уловов командорского кальмара показали постепенное изменение

размеров в сторону увеличения доли более крупных размерных классов от самой восточной точки (банка Кашеварова) до Северо-Восточного Сахалина (рис. 8). При этом в северной части моря модальная группа была образована особями с размерами, характерными для ювенильных особей, а у Северо-Восточного Сахалина размеры в модальной группе были более характерны для нагульных созревающих особей. Таким образом, по мере продвижения кальмаров от банки Кашеварова к Северо-Восточному Сахалину происходил последовательный рост кальмаров и наблюдалось сокращение доли ювенильных особей в уловах.

Результаты, полученные в другие годы, повторяют, в целом, описанные закономерности. Так, в материалах НИС «Дмитрий Песков» в заливе Терпения в августе-сентябре 2002 г. доля особей, которые, с учётом их размеров, могли быть отнесены к завершающим нагул, созревающим, а возможно и зрелым особям (с длиной мантии от 200 мм и более), составила 13%. При движении от северных Курильских островов, вдоль материкового склона северной части моря и далее на юг вдоль восточного Сахалина, залив Терпения оказался первым районом, в котором были обнаружены, предположительно, зрелые особи кальмара.

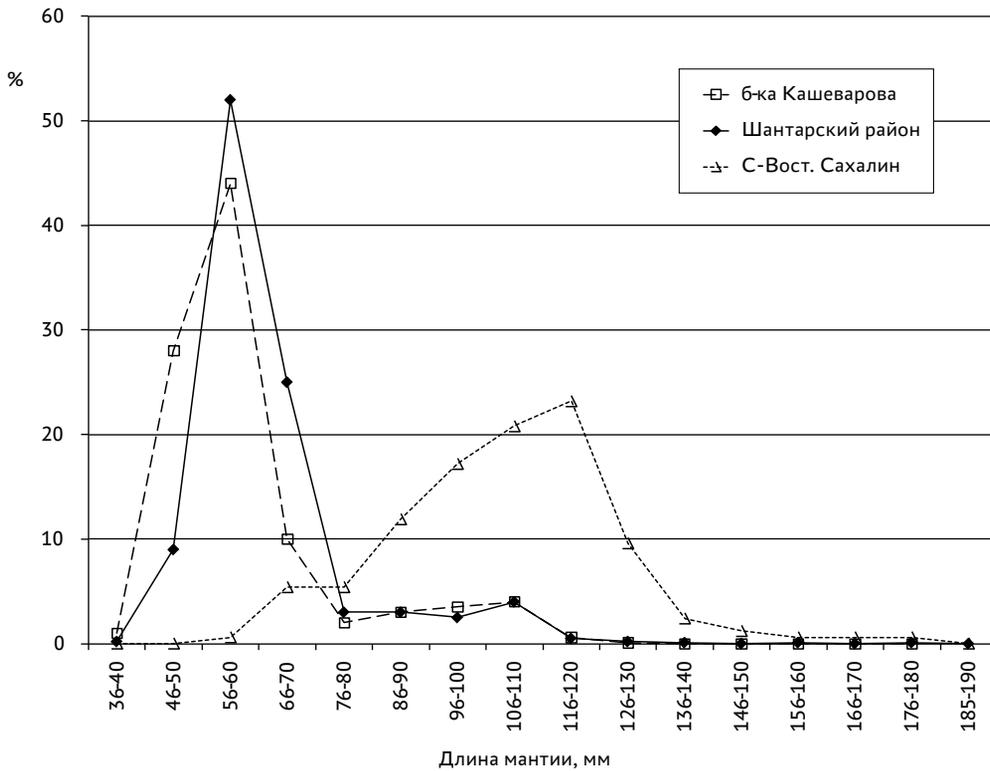


Рис. 8. Размерный состав уловов командорского кальмара в в северной и северо-западной части Охотского моря в июле-октябре 2000 г. [по: Алексеев, 2018]

Fig. 8. Size composition of catches of Commander squid in trawl catches from the north and north-west parts of the Okhotsk Sea in July-October 2000 [by: Alexeyev, 2018]

И.Р. Аюпов [2003] предложил сходную схему миграций командорского кальмара в западной части моря. Согласно этой схеме, шельф Северо-Восточного Сахалина является районом нагула и подращивания молоди командорского кальмара, которая попадает в район с попутными течениями из северных районов моря. Наконец, по данным Ц. Кубодеры [Kubodera, 1992] с охотоморской стороны о. Хоккайдо встречаются преимущественно крупные особи с длиной мантии от 15 до 35 см, среди которых, безусловно, должна быть достаточно велика доля зрелых особей. Таким образом, в южная часть материкового склона Охотского моря, от Южного Сахалина до южных Курильских островов может быть отнесена к зоне размножения охотоморской популяции.

На основании приведённых выше сведений можно предложить схему миграций командорского кальмара в Охотском море (рис. 9). Наличие нерестовых участков можно ожидать вдоль материкового склона в южной и восточной частях моря: от Юго-Восточного Сахалина (залив Терпения) и далее вдоль берегов Хоккайдо и Курильских островов. Таким образом, здесь, вероятно, имеет место цепочка участков нереста командорского кальмара, аналогично тому, как расположены участки нереста в Беринговом море. Существование такой «цепочки» нерестилищ можно рассматривать в качестве механизма, который обеспечивает кальмарам, достигшим половой зрелости, достижения одного из участков, пригодных для нереста, в условиях изменчивости внешней среды: в частности, скорости течений, с которыми ми-

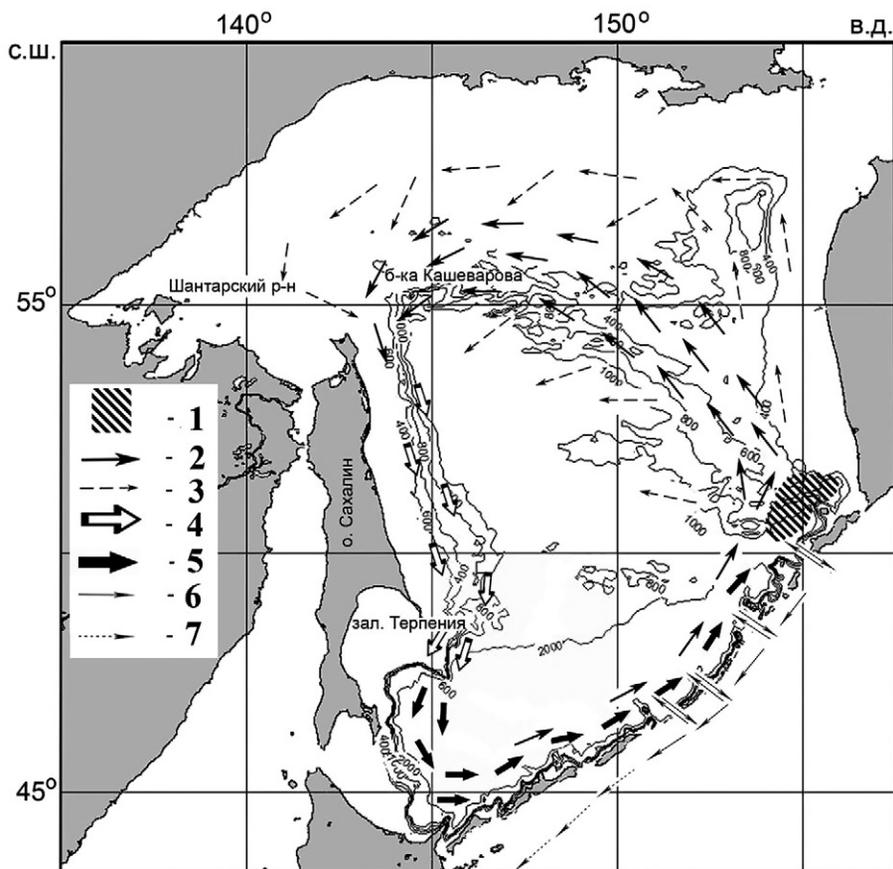


Рис. 9. Схема миграций командорского кальмара в Охотском море: 1 – достоверно установленный район нереста; 2 – миграции пелагических параларв и молоди из района нереста; 3 – выносы пелагической молоди в северную и центральную части моря; 4 – миграции нагульных и созревающих кальмаров; 5 – миграции созревающих и зрелых кальмаров; 6 – миграции кальмаров через глубоководные проливы и вдоль тихоокеанской стороны Курильских островов; 7 – миграции кальмаров вдоль южных Курильских островов [по: Алексеев, 2018, с изменениями]

Fig. 9. Scheme of migrations of Commander squid in the Okhotsk Sea: 1 – area of spawning established by direct observations; 2 – migrations of pelagic paralarvae and juveniles area of spawning; 3 – eviction of pelagic juveniles into the central and northern part of the sea; 4 – migrations of fattening and maturing squids; 5 – migrations of maturing and mature squids; 6 – migrations of squids via deep-water straits, and along the Pacific side of Kurile Islands; 7 – migrations along Pacific side of the southern Kurile Islands [by: Alexeyev, 2018, with some changes]

грируют кальмары и температурного режима, влияющего на сроки роста и созревания кальмаров.

Далее на север и северо-запад от Курильских островов, вдоль материкового склона северной части моря, и к Северо-Восточному Сахалину наблюдается присутствие многочисленной молодежи, с постепенным ростом и созреванием при прохождении этого пути. По пути вдоль северного склона шельфа часть особей может подхватываться локальными течениями, которые выносят их в северо-западном направлении – на банку Кашеварова и в Шантарский район. Вихри внутренней периферии циклонической циркуляции могут выносить молодежь и в центральную часть моря. Эти районы следует рассматривать как преимущественно нагульную зону.

Важно отметить, что сокращение продолжительности миграции по пути через центральную часть моря

или, наоборот, удлинение пути при заносе в Шантарский район, должно привести к «растягиванию» размерного и функционально-возрастного состава населения кальмара, достигшего берегов Сахалина и мигрирующего далее с течением на юг. В результате наиболее сложная картина размерного состава уловов наблюдалась в заливе Терпения². Эти районы также характеризуются высоким уровнем первичной продукции [Аржанова, Зубаревич, 1997 а, б; Карпушин и др., 1997], что подтверждает предположение, что их следует рассматривать как зону нагула командорского кальмара в Охотском море. Таким образом, замыкается круг миграций командорского кальмара в Охотском море с постепенной сменой фаз жизненного цикла и районов различного функционального значения (рис. 10).

В завершение рассмотрения пространственно-функциональной структуры ареала охотоморской по-

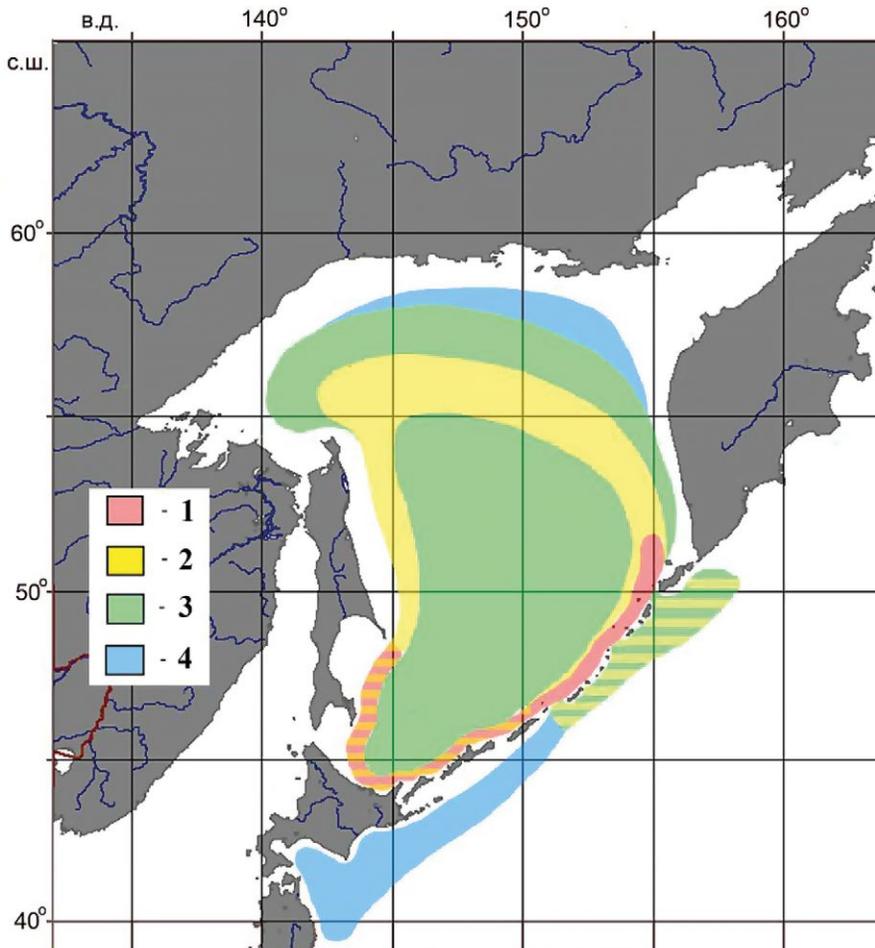


Рис. 10. Пространственно-функциональная структура охотоморской популяции командорского кальмара: 1 – репродуктивная зона; 2 – нагульная зона; 3 – зона возвратных миграций; 4 – зона невозвратных миграций; участки перекрытия зон показаны штриховкой

Fig. 10. Spatial and functional structure of the Okhotsk Sea population of Commander squid: 1 – reproductive zone; 2 – fattening zone; 3 – zone of returnable migrations; 4 – zone of unreturnable migrations; areas of overlapping of different zones are shown by streaking

пуляции командорского кальмара необходимо упомянуть обмен между населением с тихоокеанской и охотоморской сторон Курильских островов. Двусторонний характер обмена, обеспечиваемый реверсивным характером течений в проливах [Алексеев, 2012 а], приводит к тому, что происходит выселение части особей охотоморской популяции через проливы на океанскую сторону Курильских островов. Попав в зону действия Курильского течения, эти особи перемещаются вдоль островов с океанской стороны в южном направлении. Часть особей может возвращаться в Охотское море через ряд глубоководных проливов. Однако кальмары, достигшие с течением южных Курильских островов, практически утрачивают возможность возвращения в Охотское море. Последний пролив (по направлению к южным островам), через который, вероятно, возможен возврат особей охотоморской популяции в Охотское море – пролив Буссоль. Далее к югу глубина в порогах проливов слишком мала для попадания через них в Охотское море вод тёплого промежуточного слоя, населённых кальмарами. Это делает миграции взрослых кальмаров через южные проливы практически невозможными.

Тихоокеанская сторона северных и средних Курильских островов (на юг до пролива Буссоль) может рассматриваться как зона возвратных миграций особей охотоморской популяции и одновременно – как нагульная зона. К югу от пролива Буссоль кальмары утрачивают возможность вернуться в репродуктивную зону своей популяции. Это определяет тихоокеанские воды к югу от пролива Буссоль как зону невозвратных миграций. Дальнейшее расселение кальмаров на юг с Курильским течением возможно вплоть до соприкосновения этих вод с течением Курисио с тихоокеанской стороны Японии.

Тихоокеанская сторона Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки

Значение тихоокеанских вод вдоль побережья Камчатки (к югу от Камчатского пролива) и Курильских островов в функциональной структуре берингоморской и охотоморской популяций упоминалась выше. Однако, поскольку этот район привлекает особое внимание, как важнейший район промысла командорского кальмара [Алексеев и др., 2018], на нём следует остановиться отдельно. Кроме того, этот район интересен с точки зрения межпопуляционных отношений, так как здесь происходит перекрывание ареалов берингоморской и охотоморской популяций командорского кальмара.

В течение достаточно длительного времени тихоокеанская сторона северных Курильских островов

часто трактовалась как район нереста командорского кальмара [Раилко, 1983; Федорец, Кун, 1988; Шевцов, 1990; Федорец и др., 1997 б, 2000]. Соответственно, предполагалось существование популяции, называемой «североохотоморско-курильской»¹. В качестве зон нагула для этой «популяции» предлагались Берингово и Охотское моря. Вытекающая из этого предположения схема миграций в пределах такого ареала оказывалась весьма сложной, с направлением миграции зрелых кальмаров в район предполагаемого нереста против доминирующих течений с тихоокеанской стороны Курильских островов и вдоль Восточной Камчатки.

Основное возражение против существования «североохотоморско-курильской» популяции заключается даже не в сомнительности описанной схемы миграций, а в том, что в действительности в тихоокеанских прикурильских водах никогда не был подтверждён массовый нерест. Так, Федорец с соавторами [1997 б], анализируя обобщённые данные о составе уловов командорского кальмара в скоплениях у северных Курильских островов в период с 1987 по 1997 гг. указывал, что они формируются, в основном, за счёт нагульных особей. Приведённые в этой же работе данные о составе уловов показывали некоторое увеличение доли зрелых самцов у средних островов Курильской гряды зимой и у северных Курильских островов летом, но при этом доля зрелых самок оставалась невысокой. Результаты наших исследований [Алексеев, Бизиков, 1986] также показали преобладание нагульных и созревающих особей в уловах у средних Курильских островов в январе 1985 г.

Данные наблюдений за изменениями состава уловов командорского кальмара в скоплениях с тихоокеанской стороны северных Курильских островов, от о. Парамушир до островов Шиащкотан и Скалы Ловушки, с 2005 по 2012 гг. также не дают оснований для заключения о возможности нереста командорского кальмара в этом районе [Алексеев, 2007]. Наблюдавшиеся с течением времени изменения размерного состава и соотношения стадий зрелости не носили закономерного характера так, как это наблюдается в период формирования нерестовых скоплений в Беринговом море (см. рис. 3). В уловах всё время доминировали активно растущие нагульные особи. Иногда в уловах встречались самцы на начальной стадии физиологической зрелости (5–1), но примечательно, что перехода этих особей в стадию функциональной зрелости почти не происходило (рис. 11). В изменениях состава уловов с августа по ноябрь не прослеживались признаки приближающегося нереста. Доля

зрелых кальмаров не превышала нескольких процентов и не имела устойчивой тенденции к нарастанию. Изменения размерного состава также не носили систематического характера, а к концу периода наблюдений отмечалось даже снижение средних размеров кальмаров. Такая картина изменений размерного состава и соотношения стадий зрелости не характерна для районов, в которых был достоверно показан нерест кальмара.

Гораздо больший интерес представляет другой факт: в районе постоянно регистрировались две группировки кальмара, различающиеся по размерам

и соотношению стадий зрелости – в уловах с большей или меньшей чёткостью, но постоянно просматривались две размерные модальные группы, соответствующие этим группировкам. Краткосрочные изменения, вызываемые изменением соотношения этих двух группировок в уловах, могли быть более значительными, чем долгосрочные изменения при сравнении состава уловов по месяцам [Алексеев, 2007]. Можно с достаточной степенью уверенности говорить о том, что у северных Курильских островов присутствовали группировки разного происхождения, в одной из которых преобладала мелкоразмерная молодь, а в дру-

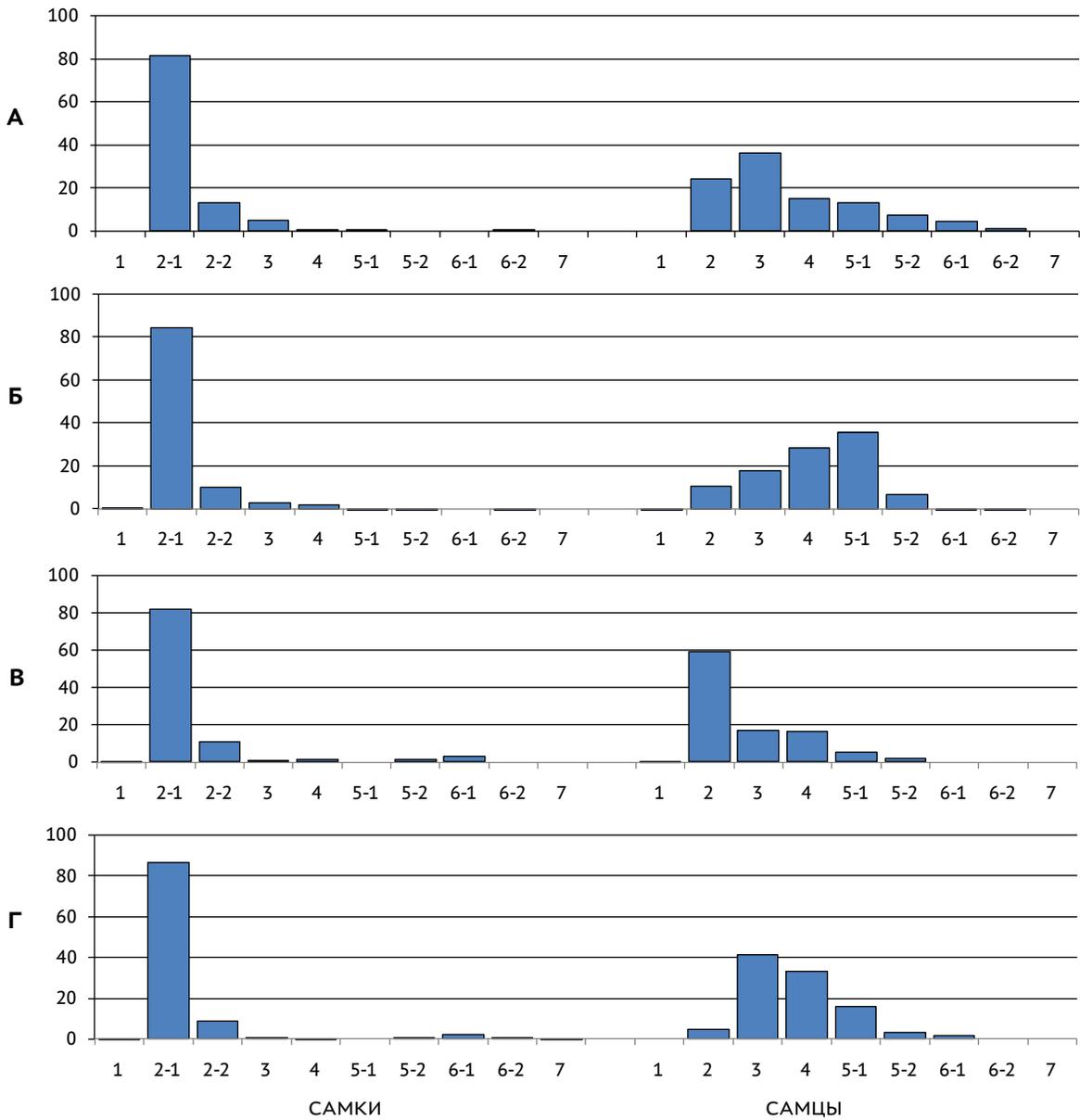


Рис. 11. Соотношение стадий зрелости командорского кальмара на траверзе Четвертого Курильского пролива (участок, ограниченный широтами 49°15' и 49°45' с. ш.) в 2005 г.: А – август; Б – сентябрь; В – ноябрь; Г – декабрь

Fig. 11. The ratio of maturity stages of Commander squid in trawl catches off the Fourth Kurile Strait (limited by latitudes 49°15' to 49°45' N) in 2005: A – August; Б – September; В – October; Д – November

гой была выше доля более крупных особей, находящихся на более поздних стадиях зрелости.

Ключом к пониманию происхождения этих группировок и их взаимоотношения при формировании состава уловов может стать сравнение состава уловов кальмара в тихоокеанских водах на трёх участках: самого северного – у Юго-Восточной Камчатки,

среднего – на траверзе Четвёртого Курильского пролива и самого южного – на траверзе островов Шиащкотан и Скалы Ловушки (рис. 12). Наиболее чётко одновременное присутствие в уловах обеих группировок проявляется на участке на траверзе Четвёртого Курильского пролива, где примерно две трети уловов составляет мелкоразмерная молодь, а одну треть – за-

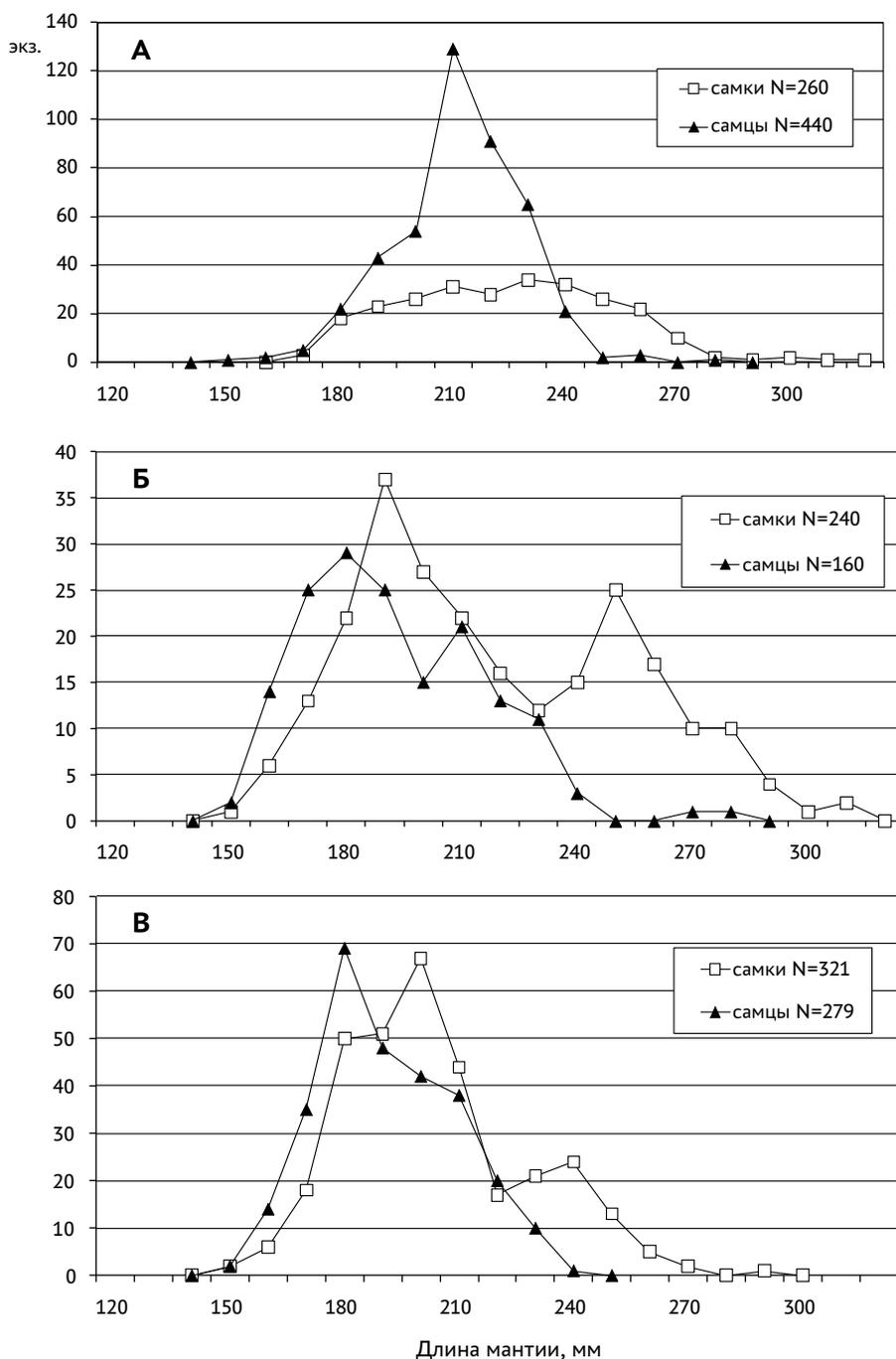


Рис. 12. Размерный состав траловых уловов командорского кальмара в октябре 2005 г.: А – у Юго-Восточной Камчатки; Б – на траверзе Четвёртого Курильского пролива; В – на траверзе островов Шиащкотан и Скалы Ловушки [по: Алексеев, 2007]
Fig. 12. Size composition of trawl catches of Commander squid in October, 2005: А – off South-Eastern Kamchatka; Б – off the Fourth Kurile Strait; В – off Shiaschkotan and Skaly Lovushki Ids. [by: Alexeyev, 2007]

метно более крупные созревающие и, отчасти, преднерестовые кальмары.

Наличие этих двух группировок видно на графиках размерного состава уловов из других районов, но их соотношение заметно отличается. На южном участке (Шиашкотан – Скалы Ловушки) также прослеживается наличие двух группировок, однако здесь резко преобладала мелкоразмерная молодь, а крупноразмерные особи составляли всего около 10% численности (рис. 12 В). У берегов Юго-Восточной Камчатки уловы были наиболее однородными, а размеры кальмаров примерно соответствовали размерам «крупноразмерной» группировки, наблюдавшейся у Четвёртого Курильского пролива (рис. 12 А).

Согласно представлениям о структуре ареала популяции и направлениях миграций берингоморской популяции, тихоокеанская сторона Юго-Восточной Камчатки является зоной выселения кальмара, выносимого из Берингова моря с Восточно-Камчатским течением через Камчатский пролив. Именно эти кальмары берингоморской популяции составляют основу уловов у Юго-Восточной Камчатки. Основные биологические характеристики кальмаров у Юго-Восточной Камчатки, наблюдавшиеся в сентябре-октябре 2005 г. сходны с характеристиками наблюдавшихся нами кальмаров в районе Олюторского залива и Корякского берега Берингова моря в августе-сентябре.

Интересной особенностью кальмаров у Юго-Восточной Камчатки является очень высокая доля в уловах созревающих и физиологически зрелых кальмаров (особей 4 и 5 стадий зрелости) при очень невысокой доле функционально зрелых (6 стадия – кальмары со следами спаривания). В районах нереста командорского кальмара в Беринговом море кальмары проходят стадию физиологической зрелости за короткий промежуток времени, вследствие чего их доля в уловах всегда невелика. Одним из возможных объяснений феномена высокой доли особей 4 и 5 стадий зрелости в уловах может быть предположение, что созревающие кальмары, наблюдавшиеся нами у Юго-Восточной Камчатки, оказались в районе, по неким причинам не пригодном для нереста. В результате этого могло не произойти активизации нерестового поведения кальмаров, и особи с уже созревшими половыми продуктами в основной своей массе не приступали к активному спариванию.

Далее на юг, на траверзе Четвёртого Курильского пролива, в уловах появляется группировка, состоящая, преимущественно, из более мелких незрелых кальмаров. Это происходит на уровне первого из глубоководных и широких проливов – Четвёртого Курильского пролива. Представляется маловероятным, что молодь

кальмара мигрирует сюда, к северным Курильским островам, из более южных районов, двигаясь против Курильского течения [Алексеев и др., 2017]. Более вероятным представляется предположение, что эта молодь поступает из Охотского моря, где происходит нерест охотоморской популяции. Тогда появление новой группировки незрелых мелкоразмерных кальмаров в районе Четвёртого Курильского пролива является следствием выхода через Курильские проливы из Охотского моря [Шевцов, 1990; Алексеев, 2007; 2009].

Попав в воды с тихоокеанской стороны Курильских островов, эти кальмары могут мигрировать в южном направлении с водами Курильского течения так же, как это было описано ранее для кальмаров берингоморской популяции в этом районе. По мере продвижения на юг, доля кальмаров, предположительно, охотоморского происхождения в уловах увеличивается (см. рис. 12), на траверзе островов Шиашкотан – Скалы Ловушки достигая, приблизительно, 90% численности. Вероятно, это объясняется близостью пролива Крузенштерна, имеющего большее сечение, по сравнению с Четвертым Курильским [Богданов, Мороз, 2000], через который на тихоокеанскую сторону попадает ещё больше молоди кальмаров охотоморской популяции.

Оценки состава уловов командорского кальмара у северных Курильских островов в течение ряда лет показало достаточное постоянство основных биологических характеристик – как размерного состава уловов, так и соотношения стадий зрелости, из чего можно сделать вывод о том, что такой состав уловов достаточно характерен для тихоокеанской стороны северных Курильских островов в течение второй половины года. Оценка биологического состояния кальмара с тихоокеанской стороны северных Курильских островов, полученная в весенний сезон, также показала состав уловов, более соответствующий нагулу и созреванию населения кальмара, с незначительным количеством нерестовых особей, что тоже не даёт оснований говорить о массовом нересте командорского кальмара у северных Курильских островов и весной (рис. 13).

Приведённые выше соображения представляются достаточными для того, чтобы дать трактовку района тихоокеанской стороны Курильских островов и сопредельных с ними районов Юго-Восточной Камчатки с точки зрения их роли в функциональной структуре ареала командорского кальмара в целом, и их значения для берингоморской и охотоморской популяций. Система течений в этом районе характеризуется однонаправленным, незамкнутым потоком Восточно-Камчатского и Курильского течений вдоль материко-

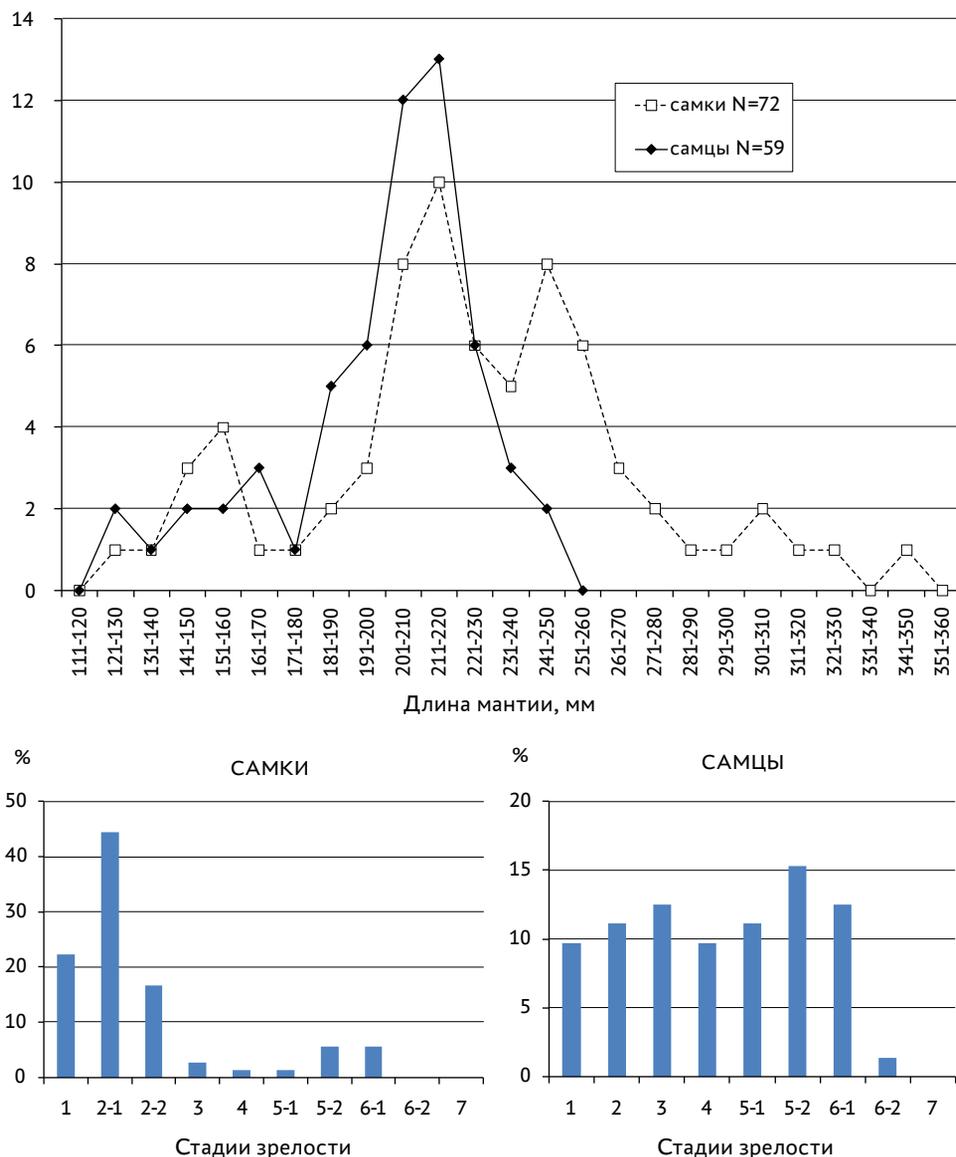


Рис. 13. Размерный состав уловов и соотношение стадий зрелости командорского кальмара в траловых уловах с тихоокеанской стороны о. Парамушир в апреле 2010 г.

Fig. 13. The size composition and ratio of maturity stages of Commander squid in trawl catches from the Pacific side of Paramushir Id. in April, 2010

вого склона. Восточнее могут располагаться вихри Северотихоокеанского течения, на основе которых могут возникать течения в сторону Берингова моря. В районе проливов Курильской гряды имеют место реверсивные течения, посредством которых обеспечивается связь с Охотским морем. Однако устойчивой замкнутой циркуляции, на которую могла бы опираться независимая популяция, ареал которой ограничивался бы прикурильскими водами, не существует. Состав уловов командорского кальмара с тихоокеанской стороны Юго-Восточной Камчатки и Курильских островов, с очень незначительной долей функционально зрелых (спаривающихся) кальмаров по дан-

ным наших наблюдений в разные годы, сезоны и на разных участках, не подтверждает наличие здесь массового нереста командорского кальмара, хотя спаривание и вымет половых продуктов отдельными особями и имеет место (так называемый «фоновый нерест», как это отмечено для Берингова моря).

Для данного района показано постоянное перемещение кальмара вдоль материкового склона в юго-западном направлении со скоростями, сравнимыми со скоростью течения [Алексеев, 2007; Алексеев и др., 2017]. Скопления кальмара, в большинстве случаев, оказываются приурочены к вихревым образованиям в районах проливов. С учётом описанных выше осо-

бенностей миграций кальмаров берингоморской и охотоморской популяций можно предположить, что практически всегда такие скопления имеют смешанный характер и образованы особями двух популяций. Соотношение особей разного происхождения может варьировать в зависимости от конкретных гидрологических условий во время образования скоплений.

К югу от пролива Буссоль шельф Курильских островов расширяется, а уменьшение глубины в проливах препятствует дальнейшему обмену между населением взрослых кальмаров между Охотским морем и тихоокеанскими водами, хотя и нельзя исключать выноса эпипелагической молодежи из Охотского моря в Тихий океан через проливы южной части Курильской гряды. Единственным направлением миграции кальмаров с тихоокеанской стороны южных Курильских островов остаётся продвижение на юг с Курильским течением вплоть до района соприкосновения этого течения с водами Куроиси у северо-восточной Японии.

Характер береговой линии с тихоокеанской стороны Хоккайдо и северного Хонсю и соприкосновение Курильского течения с течением Куроиси создают там условия для удержания населения кальмара, поступающего с севера, от Курильских островов. Возможно, кальмары могут удерживаться в этом районе достаточно долго. С Курильским течением мигрируют кальмары разного происхождения и разных физиологических стадий, в том числе и созревающие и зрелые особи (см. рис. 11–13). Поэтому можно допустить, что в районе восточнее Сангарского пролива, в зоне соприкосновения Куроиси и Курильского течения, может происходить накопление кальмаров, с формированием «квазиустойчивого» населения, и там возможны случаи нереста отдельных особей. Однако следует иметь в виду, что потомство такого, гипотетически возможного, размножения отдельных особей обречено на гибель, так как не имеет возможности вернуться в репродуктивные зоны родительских популяций (это потребовало бы миграции планктонной молодежи против течения, на север вдоль Курильских островов), а доступный путь расселения с вихрями вдоль периферии уходящего на северо-восток Северотихоокеанского течения обратно к Командорско-Алеутской гряде слишком продолжителен [Алексеев, 1989]. С учётом этого, воды к востоку от северной Японии следует рассматривать как зону невозвратных миграций берингоморской и охотоморской популяций. В таком квазистационарном населении у берегов северо-восточной Японии можно допустить спаривание и вымет половых продуктов отдельными попавшими туда особями, но даже минимальное самовос-

производство населения там невозможно, оно может существовать только за счёт подтока особей извне.

В итоге, приведённые выше данные указывают на отсутствие в районе тихоокеанского склона северных Курильских островов самостоятельного населения командорского кальмара, которое может иметь хотя бы какой-то популяционный статус. Этот район населён кальмарами охотоморской и берингоморской популяций и является, одновременно, периферией ареалов этих популяций, где происходит смешение особей разного происхождения. Для охотоморской популяции тихоокеанская сторона северных и средних Курильских островов может рассматриваться как зона нагула и возвратных миграций, далее — на юг, вплоть до северной Японии, простирается зона невозвратных миграций этой популяции. Для берингоморской популяции все воды с тихоокеанской стороны Курильских островов являются зоной невозвратных миграций (см. рис. 6, 10).

Японское море (Berryteuthis septemdentatus)

До недавнего времени считалось, что Японское море также населено командорским кальмаром *B. magister*. Первый шаг к признанию своеобразия населения Японского моря был сделан в 2000 г. с описанием самостоятельного подвида *Berryteuthis magister shevtsovi* Katugin, 2000, эндемичного для Японского моря [Katugin, 2000]. Несколько позднее статус этого таксона был повышен до видового [Alexeyev et al., 2022], с восстановлением названия *Berryteuthis septemdentatus* (Sasaki, 1915).

Объём доступной информации о миграциях и реализации жизненного цикла *B. septemdentatus* весьма ограничен. Информацию для оценки пространственной организации его популяции можно почерпнуть из немногочисленных публикаций [Раилко, 1979; Шевцов, 1988; Kubodera, 1992; Kim et al., 2008]. Очень ограниченный материал был собран нами в работах на банке Кита-Ямато Японского моря в декабре 1984 г. Также была использована информация, почерпнутая из отчётных материалов траловых съёмок СахНИРО на шельфе и материковом склоне Татарского пролива.

В качестве исходного допущения для составления схемы возможных миграций и пространственной организации популяции было принято, что миграции *B. septemdentatus*, так же, как и командорского кальмара, должны опираться на крупномасштабный круговорот в пределах населяемого им моря. В Японском море такой круговорот занимает практически всю акваторию и также носит циклонический характер [Ростов и др., 2001].

В выборе возможных районов нереста можно использовать сообщения о наличии зрелых особей *B. septemdentatus* на подводных возвышенностях в центральной части моря в зимний период [Шевцов, 1988; Katugin, 2000; Селивановский, Нигматуллин, 2002]. По нашим наблюдениям также, в декабре в придонном слое над вершиной банки Кита-Ямато встречались зрелые особи кальмара [Алексеев и др., 1989]. В юго-западной части Японского моря присутствие зрелых кальмаров отмечено с декабря по май на глубинах 300–665 м. Ким с соавторами [2008] указал примерно в том же районе Японского моря и в тот же сезон поимку, предположительно, поздненагульных или созревающих кальмаров. В юго-восточной части моря, вдоль берегов Японии, зрелые кальмары отмечались в мае-июле [Kubodera, 1992]. Данные о размерном составе *B. septemdentatus* в юго-восточной части моря достаточно хорошо совпадают с размерами половозрелых кальмаров, указанные О.Н. Катугиным [2000], исходя из чего можно предположить, что, по крайней мере, значительная часть особей из материалов Кубодеры, могла быть зрелыми.

Обобщение перечисленных данных позволяет говорить о наличии участков нереста *B. septemdentatus* вдоль материкового склона от Южной Кореи и южной части моря на границе с мелководной частью Цусимского пролива и далее вдоль склона шельфа до северной оконечности Японии (банки Рёбун). Также нерест, вероятно, происходит в центральной части моря, на подводных возвышенностях Ямато и Кита-Ямато.

Далее в северной части моря, по направлению циклонического круговорота, *B. septemdentatus* регистрировался в зимние месяцы вдоль материкового склона Западного Сахалина в горизонтах от 200 до 1000 м (максимальная глубина тралений), с наиболее высокими уловами в горизонте 600 м. Весной, по данным нескольких траловых съёмок с 1986 по 2006 гг., скопления кальмара были обнаружены у о. Монерон и к югу от него на глубинах от 160 до 520 м, хотя единичные особи регистрировались и на меньших глубинах. Сходные данные о районах и глубинах обитания *B. septemdentatus* в северной части Японского моря приводил В.Г. Скалкин [1977]. Практически все поимки взрослых особей *B. septemdentatus* были приурочены к холодному глубинному слою с температурами +2,0–0,2 °С. Эта особенность существенно отличает *B. septemdentatus* от командорского кальмара, тяготеющего в распределении взрослых особей к ядру заглобленного тёплого слоя. В Японском море такой слой отсутствует.

У Юго-Западного Сахалина участки повышенных концентраций кальмара примерно по широте 47–

48° с. ш. совпадают с положением мезомасштабного антициклонического вихря в районе контакта вод Цусимского течения и потока холодных вод из Охотского моря через пролив Лаперуза. Это вполне согласуется с особенностями образования скоплений кальмара в Беринговом море и у Курильских островов, также, в основном, связанных с присклоновыми вихрями.

Данные о биологическом состоянии *B. septemdentatus* в Татарском проливе скудны, но они показывают наличие там достаточно многочисленной молодежи и нагульных особей. Так, в 2007 г. в уловах присутствовало значительно число ювенильной молодежи, составлявшей суммарно 40% особей в уловах. У Приморского берега доля более ранних стадий была несколько выше (рис. 14).

По данным П.П. Раилко [1979] в Татарском проливе наблюдалось увеличение средних размеров кальмаров в уловах по направлению с юга на север. При этом не понятно, в отношении какого из берегов Татарского пролива (или обоих берегов) была отмечена такая закономерность. Также указывалось, что скопления кальмаров больших размеров отмечались, обычно, с января по март, а к маю средние размеры снижались. При переходе в северной части Татарского пролива на приморскую сторону материкового склона, в уловах отмечается появление значительного количества ранней молодежи (размеры мантии от 20 мм). Такое положение зоны нагула молодежи согласуется с оценкой, показавшей положение участков повышенной биомассы планктона в апреле-июне в восточной части Татарского пролива и вдоль приморского берега, на банке Ямато и у берегов Северной Кореи [Лапшина и др., 1990].

Наличие ответвления Приморского течения от материкового склона к возвышенности в центральной части моря может способствовать переносу созревающих кальмаров к району обнаружения зрелых особей у банок Ямато и Кита-Ямато. Нельзя также исключить путь поступления молодежи из районов выклева в южной части моря к нерестовым участкам в центральные районы моря с ответвлением Цусимского течения в северо-западном направлении, в сторону берегов Кореи. Молодь, выклевывающаяся в районе банок Ямато и Кита-Ямато, по всей видимости, может переноситься в восточном направлении к материковому склону западной Японии, где она сливается с молодеью, переносимой Цусимским течением вдоль материкового склона в северном направлении.

Суммируя приведённые рассуждения, можно предположительно определить положение функциональных зон в популяции *B. septemdentatus* следующим образом: зона размножения располагается над

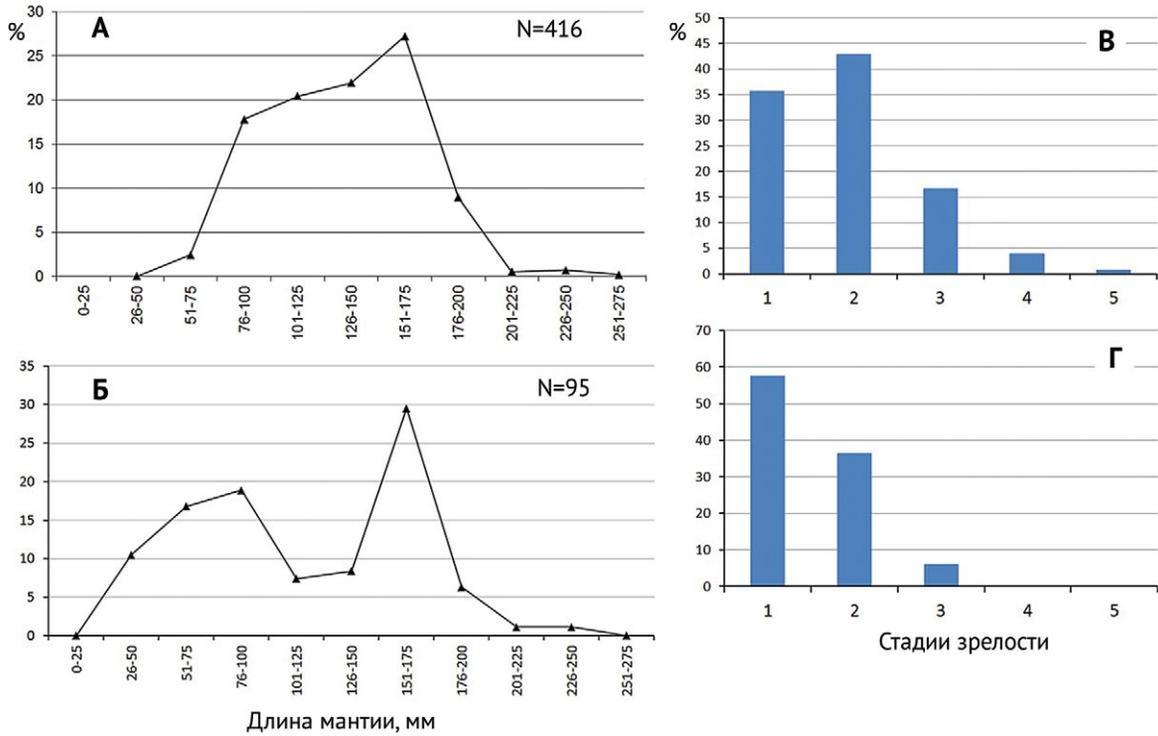


Рис. 14. Размерный состав кальмара *Beryteuthis septemdentatus* в траловых уловах в восточной (А) и западной (Б) частях Татарского пролива в апреле и мае 2007 г. и соотношение стадий зрелости в целом по Татарскому проливу: В – самки; Г – самцы. Стадии зрелости по Аюпову [2003]

Fig. 14. The size composition of squid *Beryteuthis septemdentatus* in trawl catches from eastern (A) and western (Б) parts of Tatar Strait in April and May, 2007, and the ratio of maturity stages for the Tatar Strait in total: В – females; Г – males. Stages of maturity by Ayupov [2003]

подводными возвышенностями в центральной части моря, а также полосой вдоль материкового склона от Цусимского пролива до Юго-Западного Сахалина. Далее – на север, и с последующим поворотом вдоль материкового склона в обратном направлении к берегам Приморья располагается зона нагула. Положение зон возвратных миграций ограничивается открытыми участками моря за пределами района подводных возвышенностей.

Зоны невозвратных миграций у этой популяции практически отсутствуют. Возможен только очень незначительный вынос пелагической молодежи из Японского в Охотское море. Вероятно, с этим связаны отдельные поимки странных «карликовых» особей в юго-западной части Охотского моря [Nesis, Nezlin, 1993]. Возможно также проникновение особей *B. septemdentatus* в воды с тихоокеанской стороны Японии с преобладающим направлением течений через Сангарский пролив из Японского моря в Тихий океан [Бурков, 1963]. Более детальное обсуждение пространственно-функциональной структуры ареала этой популяции затруднительно вследствие крайней фрагментарности имеющихся данных.

Единство пространственной организации популяций в роде *Beryteuthis*

Приведённые описания пространственно-функциональной структуры ареалов популяций *B. magister* в Беринговом и Охотском морях и *B. septemdentatus* в Японском море демонстрируют реализацию в пределах ареала каждой из популяций сходного плана пространственной организации. Наиболее наглядно это демонстрируется при сравнении пространственно-функциональной структуры ареалов и миграционных циклов берингоморской и охотоморской популяций *B. magister*. Единство организации этих двух популяций отчасти завуалировано разной пространственной ориентацией аналогичных структур рельефа дна и берегов этих морей, определяющих гидрологический режим, что легко исправляется представлением карт обоих районов в разной ориентации относительно системы координат (рис. 15).

При таком представлении становятся отчетливо видны черты сходства пространственной организации этих двух популяций. В обоих случаях в основе ареалов лежит краевое, частично обособленное море, отделённое от океана протяжённой остров-

ной дугой. В обоих морях генеральная схема течений строится на крупномасштабной циклонической циркуляции водных масс. В обоих морях установлены достаточно протяжённые районы, в которых происходит нерест кальмара, и районы нагула, обычно характеризующиеся также и повышенным уровнем первичной продукции в них. На рис. 15 ориентация Охотского моря изменена так, чтобы эти участки были ориентированы так же, как и в Беринговом море. В результате становятся отчётливо видны следующие общие черты структуры ареалов и миграционных циклов:

- в пределах основного круговорота выделяется зона нагула, приблизительно соответствующая районам повышенной продукции; такое положение зоны нагула безусловно имеет смысл с точки зрения максимально полного (по возможности) обеспечения молоди нового поколения кормовыми ресурсами;

- положение зоны размножения связано с участками, на которых имеются условия для возникновения вихревых образований (присклоновых или вокруг островов), которые облегчают стабильное положение нерестовых скоплений;

- нагульная зона и зона размножения, по возможности, разобщены пространственно;

- с нагульной зоной в обоих случаях соприкасается обширная мелководная область моря, которая может служить для расширения нагульного ареала молоди, являясь, по сути, зоной возвратных миграций;

- обмен популяции с сопредельными регионами осуществляется путём перемещения особей через проливы островной дуги, с образованием вдоль её внешнего края зоны возвратных миграций (зоны нестерильного выселения), что может рассматриваться как способ расширения нагульного ареала популяции для обеспечения лучших условий нагула для нового поколения;

- в обеих популяциях схемы миграционного цикла предполагают наличие нескольких альтернативных путей миграции, что делает не обязательным возвращение очередного поколения (или его части) точно к месту выклева, а наоборот создаёт условия для нереста кальмаров на одном из многих участков в пределах зоны размножения.

Пространственно-функциональная структура популяции *B. septemdentatus* имеет одно отличие: Японское море связано с сопредельными водоёмами только узкими мелководными проливами и является гораздо более замкнутым. Оно не имеет связи ни с одним из соседних водоёмов через протяжённую островную дугу. Тем не менее, и в нём реализовалась принципиально та же схема, что и в описанных выше случаях. Миграционный цикл здесь также основывается на циклонической циркуляции вод, но имеются альтернативные пути миграций с ответвлениями течений. Предполагаемая зона нагула совпадает с районами, характеризующимися повышенной продукцией. Удивительным образом даже положение обширного

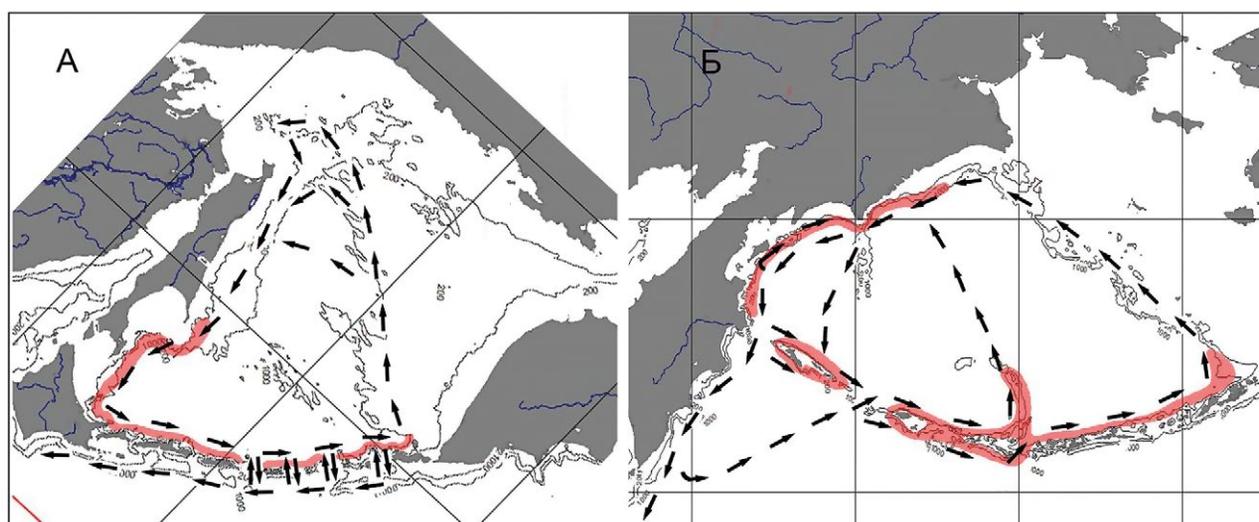


Рис. 15. Схема миграционного цикла с его отношением к зоне размножения в охотоморской (А) и беринговоморской (Б) популяциях командорского кальмара. Стрелками показаны генеральные направления миграций, красной заливкой выделены районы нереста

Fig. 15. Scheme of migration cycle in relationship to position of reproductive zones of the Okhotsk Sea (A) and the Bering Sea (B) populations of Commander squid. General directions of migrations are shown by arrows, areas of spawning are marked by the red fill

мелководья, которое теоретически может рассматриваться как зона возвратных миграций молоди (северная часть Татарского пролива) имеет то же положение, что и в двух рассмотренных выше случаях (рис. 16). Единственным отличием этой схемы является отсутствие на ней путей миграций за пределы циркуляции Японского моря, что обусловлено его изолированностью. Возможности миграций через проливы Лаперуза и Сангарский столь незначительны, что не заслуживают отдельного рассмотрения.

Особенности пространственно-функциональной организации и миграционных циклов как средство обеспечения устойчивости популяций

Понимание пространственно-функциональной организации ареалов и миграционной стратегии кальмаров рода *Berryteuthis* позволяет оценить их значение в обеспечении устойчивого существования популяций. Вопросы устойчивости популяций рассматриваются здесь с точки зрения способности обеспечить существование популяции под воздействием внешних факторов.

Экологическая стратегия популяций высокочисленных видов-генералистов, обитающих в условиях слабо сбалансированных сообществ, каковыми явля-

ются кальмары рода *Berryteuthis* в своих биоценозах [Алексеев, Нигматуллин, 1996; Бизиков, 1996 а; Горбатенко и др., 2003; Katugin et al., 2013], основывается на высокой пластичности популяций, для которых характерна пульсация численности и ареалов [Беклемишев, 1969; Мордкович, 2005]. Для рода *Berryteuthis*, характеризующегося одновременно моноциклическостью и малой продолжительностью жизни, неблагоприятное воздействие внешних факторов среды может повлечь более серьёзные изменения состояния популяции в целом, чем для полициклических видов, у которых аномальные изменения численности у одних поколений могут быть очень резкими, но также могут в определённой мере нивелироваться изменениями численности других поколений. Кроме того, следует учитывать, что у массовых полициклических видов с обширными ареалами воздействие разных факторов среды в разных участках ареала и на разные возрастно-функциональные группы может иметь разную направленность [Шунтов, 2016; Шунтов и др., 1993]. В таких случаях негативное воздействие на популяцию в одной части ареала или в отдельно взятый год может компенсироваться благоприятным воздействием (или хотя бы отсутствием неблагоприятного воздействия) в другой части ареала или появлением

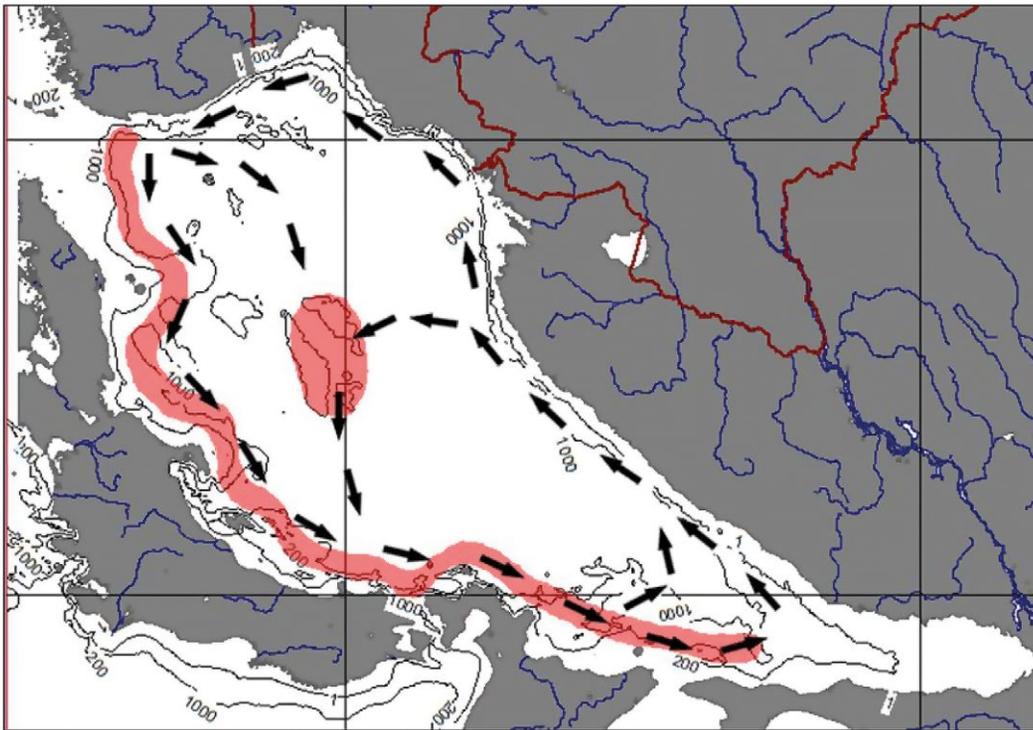


Рис. 16. Схема миграционного цикла с его отношением к зоне размножения в популяции *Berryteuthis septemdentatus*. Стрелками показаны генеральные направления миграций, красной заливкой выделены районы нереста

Fig. 16. Scheme of migration cycle in relationship to position of reproductive zone of *Berryteuthis septemdentatus* population. General directions of migrations are shown by arrows, areas of spawning are marked by the red fill

нового многочисленного поколения в последующие годы.

Для командорского кальмара такой механизм компенсации негативного воздействия на одну возрастно-функциональную часть популяции позитивным воздействием на её другую часть сильно затруднён вследствие уже упомянутой моноцикличности и крайне короткой продолжительности жизни. В случае возникновения неблагоприятных условий для нереста или для выживания молоди очередного поколения воздействие некоего негативного фактора может сказаться сразу на состоянии и численности большей части населения популяции, а не только на одном поколении, как это было бы у полициклических видов. Пассивно-нектонные кальмары рода *Berryteuthis* также крайне ограничены в возможности компенсировать изменения своей численности посредством миграций, обеспечивающих расширение ареала, как это может быть реализовано у активных нектонных видов [Марти, 1980]. Очевидно, что в таком случае для *Berryteuthis* возрастает значение компенсационных механизмов, связанных с диверсификацией миграционных путей, районов и сроков нереста в пределах ареала популяции.

В числе наиболее важных особенностей абиотической среды в районах Северной Пацифики, населённых родом *Berryteuthis*, можно отметить чётко выраженную сезонность, выражающуюся как в изменениях температурного режима в слое сезонного прогрева, так и в достаточно закономерных изменениях вертикальной структуры вод, с усилением выраженности зоны термоклина в тёплый сезон и возникновением дважды в год вертикальной конвекции в весенний и осенний периоды изотермии [Ростов и др., 2001]. Имеют место также сезонные и долгопериодные (многолетние) изменения интенсивности течений. Приуроченная к сезонной периодичности смена жизненных форм командорского кальмара, с привязкой сроков нагула пелагической молоди к срокам весеннего пика численности планктона, достаточно очевидна и не требует пространной дискуссии. Более долгопериодные изменения гидрологического режима вод Северной Пацифики [Котенёв, 1995; Хен 1997 а; Шунтов, Свиридов, 2005] приводят к значительным изменениям термического режима вод, ледовитости морей и интенсивности течений. Эти изменения также сказываются на популяциях командорского кальмара, в том числе на характере миграций и районах формирования скоплений [Верхунов, 1996 б; Алексеев, 2012 б].

В качестве реакции на возможные изменения факторов среды следует обратить внимание на следующие особенности пространственно-функциональной струк-

туры ареалов популяций *Berryteuthis* и реализуемых в них миграционных циклов. Как было отмечено при описании единых черт пространственной организации популяций, особенностью всех популяций является наличие очень протяжённой зоны размножения. В Беринговом море имеется протяжённая зона размножения в западной и южной частях моря. Протяжённость этой полосы составляет более полутора тысяч миль. При этом важно отметить, что не все потенциальные участки нереста обязательно реализуются популяцией для этих целей ежегодно. Например, в 1993–1995 гг. при наличии плотных скоплений у западной части Корякского берега скопления в заливе Олюторский были не столь значительны, а в 1996–1998 гг., наоборот, нерестовых скоплений в западной части Корякского склона не обнаружилось, но они имелись в восточной части Корякского склона и в заливе Олюторский [Бизиков, 1996 б, в; Katugin et al., 2013].

В Охотском море, согласно предлагаемой схеме пространственно-функциональной структуры популяции, зона размножения простирается вдоль материкового склона Юго-Восточного Сахалина до северных Курильских островов и Юго-Западной Камчатки. Общая протяжённость зоны размножения составляет здесь, вероятно, не менее 900 миль (см. рис. 15). Зона размножения в Японском море определена в значительной степени гипотетически. Тем не менее, и здесь, вероятно, тоже существует непрерывная цепь участков нереста от южной части моря, вдоль берегов Японии до Юго-Западного Сахалина, общей протяжённостью около 1000 миль.

Наличие такой протяжённой цепи нерестовых участков имеет адаптивное значение в условиях неустойчивости гидрологических режимов в морях, населённых кальмарами рода *Berryteuthis*. В Беринговом море достаточно хорошо описаны изменения интенсивности циркуляции вод в зависимости от положения Алеутского минимума [Верхунов, 1996 б; Верхунов и др., 1995; Хен, Заочный, 2009]. В годы ослабления общей циркуляции в восточной части Корякского района в начале периода нереста (в августе-сентябре) возникало скопление, формирующееся на хорошо развитом мезомасштабном вихре над глубоким шельфовым каньоном южнее м. Наварин. В годы интенсивной циркуляции, когда указанный вихрь ослабевал, но увеличивалась скорость течений, такого скопления не наблюдалось. Скопления начинали образовываться западнее, на участке изгиба шельфа в западной части Корякского района. В Олюторском заливе нерестовые скопления отмечались во все годы наблюдений, но в годы ослабленной циркуляции они были особенно многочисленными.

Таким образом, наличие нескольких участков в районе Корякского берега и Олюторского залива обеспечивало осуществление нереста на участках, которых достигала основная масса созревающих кальмаров в зависимости от скорости их миграций с течениями. Сходная закономерность смещения основных нерестовых скоплений от Командорских к Алеутским островам, и далее – на восток с ходом нереста [Федорец и др., 1997 а]. Случаи подхода молодежи кальмара в Корякскому берегу, предположительно через центральную часть моря, отмечались в годы ослабления циркуляции.

Изменения положения участков нереста и путей миграций командорского кальмара в Беринговом море позволяют говорить о поливариантности путей миграции. Это видно на схеме миграций кальмара в Беринговом море (см. рис. 4): от Командорско-Алеутской гряды возможен перенос по короткому пути через центральную часть моря или длинный путь вдоль шельфового склона восточной части Берингова моря; от западной части Корякского района и м. Олюторский – вдоль склона шельфа с системой присклонных течений, или через хребет Ширшова и глубоководную часть Командорской котловины со стрежнем Восточно-Камчатского течения; из района Камчатского пролива – к Командорским островам, или далее на юг с Восточно-Камчатским течением, с возможностью возврата с вихрями Северотихоокеанского течения обратной направленности. При этом существуют своеобразные «узловые» точки (западная часть Алеутской гряды, м. Олюторский, Камчатский пролив), где возникает альтернатива в «выборе» направления миграций и возможна смена одной миграционной схемы на другую.

Предположение о наличии «миграционной сети» в Охотском море, видимо, также обоснованно. По крайней мере, есть свидетельства того, что в северо-западной части моря имеются, по крайней мере, два пути: вдоль материкового склона из северной части моря к Восточному Сахалину, или же более протяжённый путь миграций с возможной задержкой в районе повышенной продуктивности у банки Кашеварова и в Шантарском районе. На это указывает состав уловов молодежи у Восточного Сахалина (см. рис. 8).

Наконец, в Японском море миграционная сеть предполагает попадание нагульных кальмаров от берегов Приморья либо к районам нереста на банках в центральной части моря, либо вдоль материкового склона в его южную часть. Миграции пелагической молодежи из районов выклева в южной части моря теоретически возможны с различными ветвями Цусимского течения вдоль материкового склона Японии, и от берегов Кореи через центральную часть моря.

В целом, в пределах ареалов всех популяций кальмаров рода *Berryteuthis* сформировалась «миграционная сеть», позволяющая отдельным частям населения популяции достигать разных районов в пределах ареала и в разные сроки. В условиях существования вида в слабо сбалансированном, относительно нестабильном сообществе, испытывающем сильное воздействие изменений климато-океанологических факторов не очень устойчивой периодичности, наличие такой миграционной сети имеет важное и, безусловно, адаптивное значение. Благодаря ей кальмар реализует оптимальную в условиях его биотопа (и с учётом особенностей своей биологии) жизненную стратегию. В условиях невозможности компенсировать случайную элиминацию одного поколения (не важно, вследствие воздействия какого фактора), усилия популяции оказываются направлены не на обеспечение максимальной, по возможности, выживаемости очередного поколения, а на гарантированное выживание хотя бы части каждого поколения.

Описанное существование миграционных сетей в рассмотренных популяциях означает, в том числе, существование целого набора вариантов путей от районов выклева к районам нереста. Очевидно, что протяжённость такого миграционного пути должна иметь определённые ограничения, определяемые продолжительностью периода от выклева парalarв до созревания кальмара и скоростями миграций, которые для *Berryteuthis* зависят от скоростей течений. Так, в Беринговом море протяжённость пути миграции в системе течений может максимально достигать (оценочно) 2–2,2 тыс. миль (по «большому кругу» вдоль материковых склонов Берингова моря и Командорско-Алеутской гряды); около 1,9 тыс. миль по тому же пути, но с миграцией от м. Олюторский через командорскую котловину к Командорским островам; 1,3–1,4 тыс. миль от хребта Бауэрс через Алеутскую котловину и далее вдоль материкового склона к Командорским островам; 800 миль от западной части Алеутской гряды вдоль материкового склона к Корякскому берегу. Здесь продемонстрированы только несколько вариантов, но, в соответствии с теми возможными путями миграций, которые показаны на рис. 4 и 15, можно предположить, что возможные пути от одного участка нереста до другого могут составлять (приблизительно) от 500 до 2200 миль. Единственным условием определения таких путей является обязательное наличие по пути миграции района, который может интерпретироваться как нагульный (без чего трудно представить сочетание миграционного пути с нормальным течением нагула, роста и созревания).

Средняя скорость в стрежне течений в горизонте 300–400 м в западной части Берингова моря была оценена, приблизительно, в 20 см/сек, что соответствует 17 км или 9 милям в сутки [Жабин и др., 2010; Алексеев и др., 2017; Stabeno, Reed, 1994]. Указанный горизонт приблизительно соответствует горизонту обитания придонного кальмара. С уменьшением глубины скорость течений имеет общую тенденцию к увеличению [Ростов и др., 2007], но при этом уменьшается стабильность направления течений, более подверженных в приповерхностных слоях ветровому воздействию, в результате чего, даже в районах с достаточно устойчивым переносом в одном направлении (Камчатский пролив), направление приповерхностного переноса может изменяться на противоположное [Хен, 1997 б; Хен, Заочный, 2009]. Учитывая перечисленные факторы неопределённости, при скорости, вероятно близкой к максимально возможной (в среднем 9 миль/сутки), без учёта возможных задержек в вихрях, располагающихся вдоль континентального склона, в Беринговом море миграционный путь максимальной протяжённости (около 2200 миль) может быть пройден командорским кальмаром за срок около 245 суток, что достаточно удовлетворительно согласуется с рассчитанными минимальными сроками достижения кальмаром половой зрелости (около 270 суток) [Архипкин, 1996; Arkhipkin et al., 1996]. При таком развитии событий кальмары в состоянии совершить полный миграционный цикл в Беринговом море за срок, сравнимый с продолжительностью жизненного цикла.

Важно отметить, что ни в одном районе ареалов описанных популяций не существует строго «монофункциональных» скоплений – то есть состоящих из особей исключительно одной функциональной стадии. Практически на всём ареале и во всех популяциях, при доминировании одной возрастнo-функциональной группы, возможно одновременное обнаружение некоторой доли особей, находящихся на других функциональных стадиях, как это видно, например, на рис. 3, 7, 13. Вероятно, это также может рассматриваться как средство обеспечения устойчивости популяции, обеспечивающее осуществление как нагула, так и нереста в районах, не характерных для популяции в целом.

Эффективная реализация возможностей, существующих вследствие существования миграционной сети, возможна при условии наличия второй особенности – сильной растянутости периодов нереста и выклева параларв. У наиболее хорошо изученной беринговоморской популяции командорского кальмара нерест растянут более чем на полгода. При этом

сроки нереста могут сдвигаться. Начало сезона нереста может приходиться на август или на сентябрь-октябрь [Бизиков, 1996 б]. Соответственно, сдвигаются и сроки пика нереста, а его окончание может приходиться, по-видимому, или на январь-февраль (в годы «раннего сезона нереста»), или на апрель-май (в годы «позднего сезона нереста»). Имеет место также существенная индивидуальная изменчивость темпов роста и созревания [Arkhipkin et al., 1998], вследствие которой сроки созревания одного поколения выклева оказываются растянутыми. Это дополнительно способствует растянутости периода нереста. Так, например, в районе Корякского склона и Олюторского залива в апреле-мае в уловах ещё прослеживаются следы поколения, предположительно приступившего к нересту осенью прошлого года (см. рис. 3).

Очень похожая картина растянутого нереста показана для Командорско-Алеутской гряды [Федорец и др., 1997 а]. В результате, в течение всего года наблюдается минимальное «фоновое» количество нерестовых особей кальмара. Сходным образом отдельные особи могут созревать за пределами участков, на которых наблюдается массовый нерест, например, у Юго-Восточной Камчатки и с тихоокеанской стороны Курильских островов (см. рис. 12), то есть, кроме «фоновой минимальной нерестовой активности» в сроки, не характерные для нереста, имеет место ещё и такая же минимальная нерестовая активность в районах за пределами основных участков размножения.

В рамках описанной стратегии обеспечения устойчивости популяций важной особенностью репродуктивной биологии командорского кальмара, способствующей обеспечению протяжённости нерестового периода, является порционность процесса нереста [Резник, 1982; Федорец, Козлова, 1986; Нигматуллин и др., 1996]. Кальмары могут сохранять индивидуальную способность к размножению, по крайней мере, в течение 1–2 месяцев, что позволяет им достигать различных участков нереста в состоянии готовности к размножению. Следствием растянутости периода нереста становится и растянутость периода выклева нового поколения кальмара. Информация о поимках параларв командорского кальмара в Беринговом море [Архипкин и др., 1996] указывает на сезон наибольшей их численности в конце весны-начале лета, но также и на их наличие в течение всего периода наблюдений, до октября. Обратный расчёт сроков выклева показал, что он происходил в Беринговом море, по крайней мере, с декабря по июнь [Arkhipkin et al., 1998].

Положение нагульных зон в популяциях кальмаров рода *Berryteuthis*, в их строгом понимании, огра-

ничивается водами в пределах циклонических циркуляций. Прилегающие к ним зоны возвратных миграций, безусловно, тоже вносят свой вклад в нагул молоди кальмара, но их можно считать нагульными только с оговорками, поскольку не известно, какова смертность в этих зонах, и каков возврат кальмаров из них в пределы основы ареала. Следует отметить, что нагульные зоны во всех популяциях скоррелированы с участками повышенной продуктивности, на которых может происходить нагул ранней молоди. В Беринговом море это, в основном, восточные и северные районы моря, в Охотском — северная и северо-западная части моря (см. рис. 15).

Частичное перекрытие нагульных и нерестовых участков, в которых могут одновременно присутствовать и нерестовые, и нагульные особи (см. рис. 5, 10), и наличие альтернативных путей разной протяжённости к разным участкам нереста позволяют созревающим кальмарам нереститься в районе огромной протяжённости. Имеет место и противоположное явление, также обусловленное наличием «миграционной сети» — в одни и те же участки нереста созревающие кальмары могут поступать разными путями и из разных мест выклева и разных частей зоны нагула.

В таком ключе становится понятным и кажущееся первоначально странным постоянное изменение без видимого тренда составов уловов кальмара с тихоокеанской стороны Курильских островов, на что неоднократно обращалось внимание [Алексеев, 2007; Алексеев и др., 2017; Федорец и др., 1997 б]. Это является отражением достаточно непредсказуемого подхода группировок («стад») кальмара в район Камчатского пролива, откуда начинается вынос кальмара в зону выселения (возвратных и невозвратных миграций). Попадающие туда «стада» кальмара, изначально возникшие в разных районах зоны размножения и прошедшие разные по маршруту и протяжённости пути миграции имеют разный размерный и физиологический состав, что и находит отражение в составе уловов у северных Курильских островов (см. рис. 11–13). Если принять, что сходный механизм на основе «миграционной сети» существует и в Охотском море, и состав выносимых из Охотского моря кальмаров также подвержен непредсказуемым изменениям, становится понятной пестрота картины уловов командорского кальмара с тихоокеанской стороны Курильских островов.

В периоды ослабления общей берингоморской циркуляции, как это наблюдалось, например, во второй половине 1990-х гг. [Верхунов и др., 1995], индивидуальной продолжительности жизни командорского кальмара может оказаться недостаточно для прохож-

дения полного пути с системой течений вдоль всего континентального склона Берингова моря. В этом случае существование протяжённой цепи участков нереста, позволяет кальмарам найти участок, пригодный для нереста, к моменту созревания, без обязательно-го возвращения в район нереста родительского поколения. В таком случае, положение района нереста очередного поколения не будет совпадать с районом его выклева, но наличие миграционной сети позволит в дальнейшем посредством смены нескольких поколений, каждое из которых может иметь собственный район нереста и выклева, в итоге обеспечить замыкание и миграционного и жизненного циклов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Единство общего плана пространственной организации популяций кальмаров рода *Berryteuthis* определяется их принадлежностью к одной, пассивно-нектонной жизненной форме, ограничивающей возможности миграций этих кальмаров только попутно с течениями в пределах их ареалов. Соответственно, схема миграций в каждой из популяций выстраивается в соответствии с системой течений. Расположение функциональных зон в пределах ареалов (зоны размножения и нагульной) определяется возможностью последовательного попадания в них кальмаров. Естественным условием существования популяции являются, также, замкнутость циркуляции и общая протяжённость миграций, которые должны обеспечить замыкание миграционного и жизненного циклов, без чего невозможно существование самостоятельной популяции. В северной и северо-западной частях Тихого океана, включая окраинные моря от Японского до Берингова моря, существуют две самостоятельные и самовоспроизводящиеся популяции кальмара *Berryteuthis magister* (командорского кальмара) — берингоморская и охотоморская, основы ареалов которых располагаются в соответствующих морях, а сопредельные воды Тихого океана являются зонами выселения этих популяций. Японское море населено единственной популяцией второго вида рода — *Berryteuthis septemdentatus*.

Описанные выше особенности репродуктивной стратегии и миграций кальмаров рода *Berryteuthis* имеют общую направленность: растянутость нерестилиц и сроков нереста, с обеспечением пополнения нерестилиц созревающими кальмарами в течение длительного времени посредством поступления пополнения из разных районов выклева и разного возраста по существующей «миграционной сети», что обеспечивает гарантированное выживание хотя бы части каждого поколения.

Благодарности

В сборе и обработке материала, использованного в работе, принимали участие, кроме автора, очень многие сотрудники ВНИРО, ТИНРО, СахНИРО и АтлантНИРО, которых я сейчас затрудняюсь перечислить поименно. В работе над рукописью мне оказали неоценимую помощь М.К. Глубоковский, В.А. Бизиков, Ч.М. Нигматуллин. Приношу всем, кто оказывал мне помощь в подготовке этой публикации, глубочайшую благодарность.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Для биологических анализов использовали водные биологические ресурсы только из промысловых уловов.

Финансирование

Работа не имела дополнительного спонсорского финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев Д.О. 1989. Освоение кальмарами семейства Loliginidae мелководий, удалённых от шельфа // Современные проблемы рыбохозяйственных исследований. М.: Изд-во ВНИРО. С. 29–39.
- Алексеев Д.О. 2007. Роль Северных Курильских островов в функциональной структуре ареала популяций командорского кальмара *Berryteuthis magister* (Berry, 1913) // Труды ВНИРО. Т. 147. С. 246–265.
- Алексеев Д.О. 2009. Влияние гидрометеорологических факторов на формирование промысловых скоплений командорского кальмара у Северных Курильских островов // Тез. докл. X Всерос. конф. по проблемам рыбопромыслового прогнозирования. Мурманск: Изд-во ПИНРО. С. 14–15.
- Алексеев Д.О. 2012. а. Влияние гидрометеорологических факторов на формирование скоплений командорского кальмара *Berryteuthis magister* (Berry, 1911) (Cephalopoda, Mollusca) у северных Курильских островов // Вопросы рыболовства. Т. 2 (50). С. 353–364.
- Алексеев Д.О. 2012 б. О возможных подходах к эксплуатации запасов командорского кальмара *Berryteuthis magister* с учётом функциональной структуры ареалов его популяций // Мат. Всерос. науч. конф. посвящённой 80-летию юбилею ФГУП «КамчатНИРО». Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С.249–257.
- Алексеев Д.О. 2018. Представление о пространственно-функциональной структуре ареала охотоморской популяции командорского кальмара *Berryteuthis magister* // Вопросы рыболовства. Т. 19 (2). С. 150–162.
- Алексеев Д.О., Бизиков В.А. 1986. Некоторые черты биологии и экологии командорского кальмара (*Berryteuthis magister*) в районе о. Симушир в январе 1985 г. // Ресурсы и перспективы использования кальмаров Мирового океана. М.: Изд-во ВНИРО. С. 50–57.
- Алексеев Д.О., Бизиков В.А., Ботнев Д.А., Лищенко Ф.В. 2018. История развития промысла командорского кальмара в водах России и его современное состояние // Труды ВНИРО. Т. 170. С. 90–104.
- Алексеев Д.О., Бизиков В.А., Помозов А.А., Хромов Д.Н. 1989. Подводные наблюдения за поведением и распределением командорского кальмара и других головоногих моллюсков в северной части Тихого океана // Подводные исследования в биоокеанологических и рыбохозяйственных целях. М.: Изд-во ВНИРО. С. 66–77.
- Алексеев Д.О., Лищенко Ф.В., Кивва К.К. 2017. Новый метод оценки биомассы командорского кальмара *Berryteuthis magister* // Вопросы рыболовства. Т. 18 (2). С. 216–230.
- Алексеев Д.О., Нигматуллин Ч.М. 1996. Питание командорского кальмара в Олюторско-Наваринском районе // Промысловые аспекты биологии командорского кальмара и рыб склоновых сообществ в западной части Берингова моря. М.: Изд-во ВНИРО. С. 40–43.
- Аржанова Н.В., Зубаревич В.Л., 1997 а. Химическая основа биопродуктивности Охотского моря // Комплексные исследования экосистем Охотского моря. М.: Изд-во ВНИРО. С. 86–92.
- Аржанова Н.В., Зубаревич В.Л., 1997 б. Сезонные изменения содержания биогенных элементов в Охотском море как основа для оценки продукции фитопланктона // Комплексные исследования экосистем Охотского моря. М.: Изд-во ВНИРО. С. 92–97.
- Аржанова Н.В., Зубаревич В.Л., Сапожников В.В. 1995. Сезонные изменения запасов биогенных элементов в эвфотическом слое и оценка первичной продукции в Беринговом море // Комплексные исследования экосистем Берингова моря. М.: Изд-во ВНИРО. С. 162–178.
- Архипкин А.И. 1996. Рост и возраст командорского кальмара в Беринговом море // Промысловые аспекты биологии командорского кальмара и рыб склоновых сообществ в западной части Берингова моря. М.: Изд-во ВНИРО. С. 88–95.
- Архипкин А.И., Бизиков В.А. 1996. Возрастная структура молоди командорского кальмара // Промысловые аспекты биологии командорского кальмара и рыб склоновых сообществ в западной части Берингова моря. М.: Изд-во ВНИРО. С. 96–101.
- Архипкин А.И., Бизиков В.А., Верхунов А.В. 1996. Размерно-возрастная структура, вертикальное распределение и возможные пути миграции молоди командорского кальмара // Промысловые аспекты биологии командорского кальмара и рыб склоновых сообществ в западной части Берингова моря. М.: Изд-во ВНИРО. С. 145–148.
- Атлас количественного распределения нектона в Охотском море. 2003. / Под ред. В.П. Шунтова, Л.Н. Бочарова. М.: Нац. рыб. Ресурсы. 1040 с.
- Аюпов И.Р. 2003. Некоторые особенности осеннего распределения потенциально промысловых головоногих моллюсков у Восточного Сахалина // Труды СахНИРО. Т. 5. С. 184–199.
- Беклемишев В.Н. 1960. Пространственная и функциональная структура популяций // Бюлл. МОИП. Отд. биол. Т. 65 (2). С. 41–50.

- Беклемишев К. В. 1969. Экология и биогеография пелагиали. М.: Наука. 291 с.
- Бизиков В. А. 1996 а. Командорский кальмар в Беринговом море: роль в экосистемах и биоценологические связи, история и перспективы промысла и задачи исследований // Промысловые аспекты биологии командорского кальмара и рыб склоновых сообществ в западной части Берингова моря. М.: Изд-во ВНИРО. С. 6–8.
- Бизиков В. А. 1996 б. Размерно-половой состав уловов кальмара в 1995 г. // Промысловые аспекты биологии командорского кальмара и рыб склоновых сообществ в западной части Берингова моря. М.: Изд-во ВНИРО. С. 43–74.
- Бизиков В. А. 1996 в. Распределение и запас командорского кальмара в северо-западной части Берингова моря // Промысловые аспекты биологии командорского кальмара и рыб склоновых сообществ в западной части Берингова моря. М.: Изд-во ВНИРО. С. 82–87.
- Богданов К. Т., Мороз В. В. 2000. Структура, динамика и гидролого-акустические характеристики вод проливов Курильской гряды. Владивосток: Дальнаука. 152 с.
- Бурков В. А. 1963. Некоторые результаты океанографических наблюдений экспресс-методами к востоку и югу от Японии // Океанологические исследования. № 9. Изд-во АН СССР. С. 32–41.
- Верхунов А. В. 1996 а. Гидрологическая обстановка в августе и октябре 1995 г. // Промысловые аспекты биологии командорского кальмара и рыб склоновых сообществ в западной части Берингова моря. М.: Изд-во ВНИРО. С. 25–37.
- Верхунов А. В. 1996 б. Роль океанографических факторов в формировании скоплений командорского кальмара и донных рыб // Промысловые аспекты биологии командорского кальмара и рыб склоновых сообществ в западной части Берингова моря. М.: Изд-во ВНИРО. С. 150–155.
- Верхунов А. В., Рид Р. К., Ткаченко Ю. Ю., Крюков В. В. 1995. Крупномасштабная изменчивость циркуляции Берингова моря (по результатам экспедиций 1990–1992 гг.) // Комплексные исследования экосистем Берингова моря. М.: Изд-во ВНИРО. С. 39–52.
- Горбатенко К. М., Чучукало В. И., Шевцов Г. А. 1995. Суточный рацион двух массовых видов кальмаров в Беринговом и Охотском морях в осенне-зимний период // Комплексные исследования экосистем Берингова моря. М.: Изд-во ВНИРО. С. 349–357.
- Горбатенко К. М., Шевцов Г. А., Чучукало В. И. 2003. Особенности питания командорского кальмара (*Berryteuthis magister*) и его пищевые отношения с минтаем над свалом о-вов Симушир и Парамушир в весенний период // Известия ТИНРО. Т. 135. С. 221–230.
- Жабин И. А., Лобанов В. Б., Ватанабе С., Вахита М., Таранова С. Н. 2010. Водобмен между Беринговым морем и Тихим океаном через Камчатский пролив // Метеорология и гидрология. № 3. С. 84–92.
- Карпушин М. А., Сапожников В. В., Толмачев Д. О. 1997. Подъем вод над банкой Кашеварова и его влияние на вынос биогенных элементов в эвфотический слой // Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. М.: Изд-во ВНИРО. С. 29–35.
- Котенёв Б. Н. 1995. Динамика вод как важнейший фактор долгопериодной изменчивости биопродуктивности вод и воспроизводства рыбных запасов Берингова моря // Комплексные исследования экосистем Берингова моря. М.: Изд-во ВНИРО. С. 7–39.
- Лапшина В. И., Муравьева О. Е., Степаненко И. Г. 1990. Сезонные и межгодовые изменения в количественной характеристике сетного планктона из вод экономических зон СССР и КНДР // Известия ТИНРО. Т. 111. С. 133–145.
- Лищенко Ф. В., Алексеев Д. О., Лищенко А. В. 2018. Использование шкал стадий зрелости репродуктивной системы в исследованиях командорского кальмара // Труды ВНИРО. Т. 171. С. 26–38.
- Маркина Н. П., Хен Г. В. 1990. Основные элементы функционирования пелагических сообществ Берингова моря // Известия ТИНРО. Т. 111. С. 79–93.
- Марти Ю. Ю. 1980. Миграции морских рыб // М.: Пищевая промышленность. 248 с.
- Мещерякова И. М. 1964. Количественное распределение планктона в юго-восточной части Берингова моря летом 1958 и 1959 г. // Труды ВНИРО. Т. 49. Известия ТИНРО. Т. 51. С. 141–150.
- Мордкович В. Г. 2005. Основы биогеографии. М. Товарищество научных изданий КМК. 236 с.
- Несис К. Н. 1985. Океанические головоногие моллюски: Распространение, жизненные формы, эволюция. М.: Наука. 286 с.
- Несис К. Н. 1989. Тейтофауна Охотского моря. Биология кальмаров *Berryteuthis magister* и *Gonatopsis borealis* // Зоологический журнал. Т. 68 (9). С. 45–56.
- Нигматуллин Ч. М., Лаптиховский В. В., Сабиров Р. М. 1996. Репродуктивная биология командорского кальмара // Промысловые аспекты биологии командорского кальмара и рыб склоновых сообществ в западной части Берингова моря. М.: Изд-во ВНИРО. С. 101–124.
- Парин Н. В. 1968. Ихтиофауна океанской эпипелагиали. М.: Наука. 186 с.
- Раилко П. П. 1979. Распределение и некоторые черты биологии командорского кальмара *Berryteuthis magister* (Cephalopoda, Gonatidae) в Японском море // Моллюски. Основные результаты их изучения. Л.: Наука. С. 128–129.
- Раилко П. П. 1983. Биология и распространение командорского кальмара *Berryteuthis magister* в районе Курильских островов // Систематика и экология головоногих моллюсков. Л.: ЗИН АН СССР. С. 97–98.
- Резник Я. И. 1982. Некоторые результаты гистологического исследования гонад самок командорского кальмара *Berryteuthis magister* в Олюторско-Наваринском районе Берингова моря // Известия ТИНРО. Т. 106. С. 62–69.
- Ростов И. Д., Юрасов Г. И., Рудых Н. И., Мороз В. В., Дмитриева В. В., Набиуллин А. А., Храпченков Ф. Ф., Ростов В. И., Бунин В. М. 2001. Атлас по океанографии Берингова, Охотского и Японского морей. Владивосток: ТОИ им. В. И. Ильичева ДВО РАН. 106 с.
- Селивановский Д. А., Нигматуллин Ч. М. 2002. О стационарном населении командорского кальмара *Berryteuthis magister* в мезопелагиали Японского моря // VI Всерос. конф. по промысловым беспозвоночным. М.: Изд-во ВНИРО. С. 169–172.
- Скалкин В. Г. 1977. К распределению и биологии командорского кальмара в Татарском проливе // Всес. науч. конф.

- по исп. пром. беспозв. на пищевые, кормовые и техн. цели. Л.: Наука. С. 87–88.
- Федорец Ю.А. 1977. Биологические особенности *Berryteuthis magister* со свала глубин Берингова моря в осенний период 1976 г. // Всес. науч. конф. по исп. пром. беспозв. на пищевые, кормовые и технические цели. Тез. докл. Л.: Наука. С. 97–98.
- Федорец Ю.А. 1979. Некоторые результаты исследований командорского кальмара *Berryteuthis magister* (Berry) в Беринговом море // Моллюски. Основные результаты их изучения. Л.: Наука. С. 122–123.
- Федорец Ю.А. 1983. Сезонное распределение кальмара *Berryteuthis magister* в западной части Берингова моря // Систематика и экология головоногих моллюсков. Л.: ЗИН АН СССР. С. 129.
- Федорец Ю.А. 1986. Биология и запасы кальмара *Berryteuthis magister* (Gonatidae) у Командорских островов // Ресурсы и перспективы использования кальмаров Мирового океана. М.: Изд-во ВНИРО. С. 57–66.
- Федорец Ю.А., Диденко В.Д., Раилко П.П., Кравченко Н.Е. 1997 а. Биология кальмара *Berryteuthis magister* на нерестилищах у Командорских островов // Известия ТИНРО. Т. 122. С. 393–429.
- Федорец Ю.А., Козлова О.А. 1986. Размножение, плодовитость и численность кальмара *Berryteuthis magister* (Gonatidae) в Беринговом море // Ресурсы и перспективы использования кальмаров Мирового океана. М.: Изд-во ВНИРО. С. 66–80.
- Федорец Ю.А., Козлова О.А. 1988. Особенности распределения командорского кальмара в западной части Берингова моря и у Восточной Камчатки // Сырьевые ресурсы и биологические основы рационального использования промысловых беспозвоночных. Всес. совещание. Владивосток. Изд-во ТИНРО. С. 74–76.
- Федорец Ю.А., Кун М.С. 1988. Состав пищи и питание командорского кальмара *Berryteuthis magister* у Курильских островов в 1987 г. // Сырьевые ресурсы и биологические основы рационального использования промысловых беспозвоночных. Всес. совещание. Владивосток: Изд-во ТИНРО. С. 70–72.
- Федорец Ю.А., Лучин В.А., Диденко В.Д., Раилко П.П., Кравченко Н.Е. 1997 б. Условия формирования скоплений кальмара *Berryteuthis magister* (Berry, 1913) у Курильских островов // Известия ТИНРО. Т. 122. С. 374–392.
- Федорец Ю.А., Раилко П.П., Диденко В.Д., Филатов В.Н. 2000. Руководство по поиску скоплений и промыслу командорского кальмара у Курильских островов // Владивосток: Изд-во ТИНРО. 26 с.
- Филиппова Ю.А. 1983. Методика изучения головоногих моллюсков Мирового океана. М.: Изд-во ВНИРО. 31 с.
- Филиппова Ю.А., Алексеев Д.О., Бизиков В.А., Хромов Д.Н. 1997. Справочник-определитель промысловых и массовых головоногих моллюсков Мирового океана. М.: Изд-во ВНИРО. 272 с.
- Хен Г.В. 1997 а. Основные закономерности многолетних изменений ледового покрова Охотского и Берингова морей // Комплексные исследования экосистем Охотского моря. М.: Изд-во ВНИРО. С. 64–67.
- Хен Г.В. 1997 б. Межгодовая динамика гидрологических областей на шельфе западной части Берингова моря в связи с меандрированием Камчатского течения // Экология нектона и планктона дальневосточных морей и динамика климато-океанологических условий. Известия ТИНРО. Т. 122. С. 484–496.
- Хен Г.В., Заочный А.Н. 2009. Изменчивость расхода Камчатского течения и океанологических параметров в Камчатском проливе // Известия ТИНРО. Т. 158. С. 247–260.
- Шевцов Г.А. 1974. Некоторые черты биологии кальмара *Berryteuthis magister* из района Командорских островов // Гидробиология и биогеография шельфов холодных и умеренных вод Мирового океана. Л.: ЗИН АН СССР. С. 68–69.
- Шевцов Г.А. 1988. Командорский кальмар (*Berryteuthis magister*) банки Кита-Ямато экономической зоны СССР Японского моря // Сырьевые ресурсы и биологические основы рационального использования промысловых беспозвоночных. Тез. докл. Всесоюз. совещ. Владивосток: ТИНРО. С. 78–79.
- Шевцов Г.А. 1990. Особенности распределения командорского кальмара в пелагиали у Курильских островов // V Всес. конф. по промысловым беспозвоночным. М.: Изд-во ВНИРО. С. 99–100.
- Шунтов В.П. 2016. Почему изменяется численность минтая (*Theragra chalcogramma*) // Известия ТИНРО. Т. 185. С. 31–48.
- Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.Н. 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток: Изд-во ТИНРО. 426 с.
- Шунтов В.П., Свиридов В.В. 2005. Экосистемы Берингова моря на рубеже 20 и 21-го веков // Известия ТИНРО. Т. 142. С. 3–29.
- Alexeyev D.O., Katugin O.N., Bizikov V.A. 2022. Taxonomic status of squids of the genus *Berryteuthis* Naef, 1921 (Gonatidae, Oegopsida) inhabiting the Sea of Japan // Ruthenica (Русский малакологический журнал), 32 (2), P. 53–59.
- Arkhipkin A.I., Bizikov V.A., Krylov V.V., Nesis K.N. 1996. Distribution, stock structure and growth of the squid *Berryteuthis magister* (Cephalopoda, Gonatidae) during summer and autumn in the Western Bering Sea // Fish. Bull. 94 (1). P. 1–30.
- Arkhipkin A.I., Bizikov V.A., Verkhunov A.V. 1998. Distribution and growth in juveniles of the squid *Berryteuthis magister* (Cephalopoda, Gonatidae) in the Western Bering Sea // Sarsia. Vol. 83. P. 45–54.
- Drobny P., Norcross B.L., Bickford N. 2007. Age, growth and movement of the squid species *Berryteuthis magister* in the Eastern Bering Sea // The changing North Pacific: Previous patterns, future projections, and ecosystem impacts. PICES 16th Ann. Meeting. P. 74.
- Jefferts K. 1988. Zoogeography of cephalopods from the northeastern Pacific Ocean // Bull. Ocean Res. Inst. Univ. Tokyo. 26 (1). P. 123–157.
- Jorgensen E.M. 2003. Identification of gonatid squid spawning areas in the Bering Sea and Gulf of Alaska based on paralarval distribution, with comments on paralarval taxonomy // Biology, recruitment and culture of cephalopods. The International workshop and symposium of CIAC. P. 42.
- Jorgensen E.M. 2007. Identification, distribution and relative abundance of paralarval gonatid squids (Cephalopoda: Oegopsida: Gonatidae) from the Gulf of Alaska, 2001–2003 // J. of Molluscan Studies, 173 (2). P. 155–165.

- Katugin O.N.* 1995. Genetic differentiation in *Berryteuthis magister* from the North Pacific // ICES Mar. Sci. Symp. 199. P. 459–467.
- Katugin O.N.* 2000. A new subspecies of the schoolmaster gonate squid, *Berryteuthis magister* (Cephalopoda: Gonatidae), from the Japan Sea // *Veliger*. V. 43. P. 82–97.
- Katugin O.V., Shevtsov G.A., Zuev M.A., Didenko V.D., Kulik V.V., Vanin N.S.* 2013. *Berryteuthis magister*, Schoolmaster Gonate squid // *Advances in squid biology, ecology and fisheries*. Part II. Nova Science Publisher Inc. P. 1–48.
- Kim Y., Lee D.W., Wong K.B., Chun Y.Y.* 2008. First record of three species of octopodidae and gonatidae, cphalopods in the East Japan Sea // *J. Envir. Biol.* Vol. 29 (4). P. 581–584.
- Kubodera T.*, 1992. Biological characteristics of the gonatid squid *Berryteuthis magister magister* (Cephalopoda: Oegopsida) off Northern Hokkaido, Japan // *Mem. Nat. Sci. Mus. Tokyo*. No. 25. P. 111–123.
- Kubodera T., Jefferts K.* 1984. Distribution and abundance of the early life stages of squid, primarily Gonatidae (Cephalopoda, Oegopsida), in the Northern North Pacific (part 2) // *Bull. Nat. Sci. Mus. Ser. A*. Vol. 10 (4). P. 165–193.
- Kubodera T., Percy W.G., Murakami K., Kobayashi T., Nakata J., Mishima S.* 1983. Distribution and abundance of squids caught in surface gillnets in the Subarctic Pacific, 1977–1981 // *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* Vol. 30 (1,2). P. 1–49.
- Nagasawa K., Ueno Y., Sakai J., Mori J.* 1998. Autumn distribution of epipelagic fishes and squids in the Okhotsk Sea and Western North Pacific Ocean off the Kuril Islands and Southeast Hokkaido // *Bull. Nat. Res. Inst. Far seas Fish.* No. 35. P. 113–130.
- Nesis K.N.* 1997. Gonatid squids in the Subarctic North Pacific: ecology, biogeography, niche diversity and role in the ecosystems // *Adv. Mar. Biol. The Biogeography of the Oceans*. V. 32. P. 245–325.
- Nesis K.N.* 1998. The gonatid squid, *Berryteuthis magister* (Berry, 1913): distribution, biology, ecological connections and fisheries // *Contributed papers to international symposium on large pelagic squids / Okutani T. (ed.)*. Japan Marine Fishery Resources Research Center, Tokyo, P. 233–249.
- Nesis, K.N., Nezhlin N.P.* 1993. Intraspecific groupings in gonatid squids // *Rus. J. Aquatic Ecol.* V. 2 (2). P. 91–102.
- Nigmatullin Ch.M., Arkhipkin A.I.* 1998. A review of the biology of the diamond-back squid, *Thysanoteuthis rhombus* (Oegopsida: Thysanoteuthidae) // *Contributed papers to international symposium on large pelagic squids / Okutani T. (ed.)*. Japan Marine Fishery Resources Research Center, Tokyo. P. 155–181.
- Nigmatullin Ch.M., Arkhipkin A.I., Sabirov R.M.* 1995. Age, growth and reproductive biology of diamond-shaped squid *Thysanoteuthis rhombus* (Oegopsida: Thysanoteuthidae) // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 124, No 1–3. P. 73–87.
- Okutani T.* 1966. Studies on early life history of Decapodan Mollusca – II. Planctonic larvae of Decapodan Cephalopods from the Northern North Pacific in summer seasons during 1952–1959 // *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.* No. 45. P. 61–79.
- Okutani T.* 1980. Useful and latent cuttlefish and squids of the World // *Nat. Coop. Assoc. Squid Processors*. 66 p.
- Okutani T., Kubodera T., Jefferts K.* 1988. Diversity, distribution and ecology of gonatid squids in the subarctic Pacific: a review // *Bull. Ocean Res. Inst. Univ. Tokyo*. 26 (1). P. 159–192.
- Okutani T., Tagawa M., Horikawa H.* 1987. Cephalopods from continental shelf and slope around Japan. Tokyo. Toshoh Printing Co., Ltd. 194 p.
- Springer A.M., McRoy C.P., Flint M.V.* 1996. The Bering Sea Green Belt: shelf-edge processes and ecosystem production // *Fisheries oceanography*. Vol. 5 (3/4). P. 205–223.
- Stabeno P.J., Reed R.K.* 1994. Circulation in the Bering Sea basin observed by satellite-tracked drifters: 1986–1993 // *J. Phys. Res.* Vol. 24. P. 848–854.

REFERENCES

- Alexeyev D.O.* 1989. Settling by squids of the Loliginidae family of shallow waters remote from the shelf // *Current problems of fisheries research*. M.: VNIRO Publish. P. 29–39. (In Russ.).
- Alexeyev D.O.* 2007. The role of North Kurile Islands area in functional structure of populations of schoolmaster squid *Berryteuthis magister* (Berry, 1913) // *Trudy VNIRO*. V. 147. P. 246–265. (In Russ.).
- Alexeyev D.O.* 2009. Influence of hydrometeorological factors on forming of commercial aggregations of schoolmaster squid off north Kurile Islands // *Abstracts X All-Union. Conf. Probl. Fishery Forecasting*. PINRO Publish. P. 14–15 (In Russ.).
- Alexeyev D.O.* 2012 a. Influence of hydrometeorological factors on forming of aggregations of schoolmaster squid *Berryteuthis magister* (Berry, 1911) (Cephalopoda, Mollusca) off north Kurile Islands // *Voprosy rybolovstva*. V. 2 (50). P. 353–264. (In Russ.).
- Alexeyev D.O.* 2012 b. On possible approaches to the exploitation of stocks of the Commander squid *Berryteuthis magister*, taking into account the functional structure of areas of its populations // *Materials Russ. Sci. Conf. devoted to 80th anniversary of KamchatNIRO*. Petropavlovsk-Kamchatsky. KamchatNIRO. P. 249–257. (In Russ.).
- Alexeyev D.O.* 2018. View on spatial and functional structure of the Okhotsk Sea schoolmaster squid *Berryteuthis magister* population // *Voprosy rybolovstva*. V. 19 (2). P. 150–162. (In Russ.).
- Alexeyev D.O., Bizikov V.A.* 1986. Some peculiarities of biology and ecology of the Commander squid (*Berryteuthis magister*) in the area of Simushir Island in January 1985 // *Resources and perspectives for the use of squid of the World Ocean*. M.: VNIRO Publish. P. 50–57. (In Russ.).
- Alexeyev D.O., Bizikov V.A., Botnev D.A., Lishchenko F.V.* 2018. The history of the development of the Commander squid fishery in the waters of Russia and its current state // *Trudy VNIRO*. V. 170. P. 90–104. (In Russ.).
- Alexeyev D.O., Bizikov V.A., Ponomarev A.A., Khromov D.N.* 1989. Submarine observations on behavior and distribution of Commander squid and other cephalopods in the North Pacific Ocean // *Submarine research in biooceanological and fishery purposes*. M.: VNIRO Publish. P. 66–77. (In Russ.).
- Alexeyev D.O., Lishchenko F.V., Kivva K.K.* 2017. New method of biomass assess of Schoolmaster squid *Berryteuthis magister* // *Voprosy rybolovstva*. V. 18 (2). P. 216–230. (In Russ.).
- Alexeyev D.O., Nigmatullin Ch.M.* 1996. Feeding of schoolmaster squid in the Olutorsk-Navarin Area // *Fishery aspects of*

- biology of schoolmaster gonate squid and fishes of slope communities of the western Bering Sea. M.: VNIRO Publish. P. 40–43.
- Arzhanova N.V., Zubarevich V.L., 1997 a. The chemical basis of the bioproductivity of the Sea of Okhotsk // Complex studies of the ecosystem in the Sea of Okhotsk. M.: VNIRO Publish. P. 86–92. (In Russ.).
- Arzhanova N.V., Zubarevich V.L., 1997 b. The seasonal variations in the nutrient stocks in the Sea of Okhotsk as a basis for the estimation of phytoplankton production // Complex studies of the ecosystems of the Sea of Okhotsk. M.: VNIRO Publish. P. 92–97. (In Russ.).
- Arzhanova N.V., Zubarevich V.L., Sapozhnikov V.V. 1995. Seasonal Variability of Nutrient Stocks in the Euphotic Zone and Assessment of Primary Production in the Bering Sea // Complex studies of ecosystems of the Bering Sea. M.: VNIRO Publish. P. 162–178. (In Russ.).
- Arkhipkin A.I. 1996. Growth and age of the Commander squid in the Bering Sea // Fishery aspects of biology of schoolmaster gonate squid and fishes of slope communities of the western Bering Sea. M.: VNIRO Publish. P. 88–95. (In Russ.).
- Arkhipkin A.I., Bizikov V.A. 1996. Age structure of the Commander squid juveniles // Fishery aspects of biology of schoolmaster gonate squid and fishes of slope communities of the western Bering Sea. M.: VNIRO Publish. P. 96–101. (In Russ.).
- Arkhipkin A.I., Bizikov V.A., Verkhunov A.V. 1996. Size and age structure, vertical distribution and possible migration routes of the Commander squid juveniles // Fishery aspects of biology of schoolmaster gonate squid and fishes of slope communities of the western Bering Sea. M.: VNIRO Publish. P. 145–148. (In Russ.).
- Atlas of the quantitative distribution of nekton in the Sea of Okhotsk. 2003. Shuntov V.P., Bocharova L.N. Eds. M.: Nats. Fish. Resources. 1040 p. (In Russ.).
- Ayupov I.R. 2003. Some characteristics of the autumn distribution of potentially commercial cephalopods off Eastern Sakhalin // Trudy SakhNIRO. V. 5. P. 184–199. (In Russ.).
- Beklemishev V.N. 1960. Spatial and functional structure of populations // Bull. MOIP. Sect. Biol. V. 65 (2). P. 41–50. (In Russ.).
- Beklemishev K.V. 1969. Ecology and biogeography of pelagial. M.: Nauka. 291 p. (In Russ.).
- Bizikov V.A. 1996 a. Commander squid in the Bering Sea: its role in ecosystems and biocenological relationships, history and prospects of fishing and research tasks // Fishery aspects of biology of schoolmaster gonate squid and fishes of slope communities of the western Bering Sea. M.: VNIRO Publish. P. 6–8. (In Russ.).
- Bizikov V.A. 1996 b. The size and sex composition of squid catches in 1995 // Fishery aspects of biology of schoolmaster gonate squid and fishes of slope communities of the western Bering Sea. M.: VNIRO Publish. P. 96–101. (In Russ.).
- Bizikov V.A. 1996 v. Distribution and stock of Commander squid in the north-western part of the Bering Sea // Fishery aspects of biology of schoolmaster gonate squid and fishes of slope communities of the western Bering Sea. M.: VNIRO Publish. P. 82–87. (In Russ.).
- Bogdanov K.T., Moroz V.V. 2000. Structure, dynamics and hydrological-acoustic characteristics of the waters of the Kurile Ridge straits. Vladivostok: Dalnauka Publish. 152 p. (In Russ.).
- Burkov V.A. 1963. Some results of oceanographical observations east- and southward of Japan by express-methods // Oceanological research. V. 9. P. 32–41. (In Russ.).
- Verkhunov A.V. 1996 a. Hydrological situation in August and October 1995 // Fishery aspects of biology of schoolmaster gonate squid and fishes of slope communities of the western Bering Sea. M.: VNIRO Publish. P. 25–37. (In Russ.).
- Verkhunov A.V. 1996 b. The role of oceanographic factors in the formation of concentrations of Commander squid and bottom fishes // Fishery aspects of biology of schoolmaster gonate squid and fishes of slope communities of the western Bering Sea. M.: VNIRO Publish. P. 150–155. (In Russ.).
- Verkhunov A.V., Reed R.K., Tkachenko Yu. Yu., Krukov V.V. 1995. Macroscale changeability of the circulation in the Bering Sea (on the results of the expeditions in 1990–1992) // Complex studies of the Bering Sea ecosystems. M.: VNIRO Publish. P. 39–52. (In Russ.).
- Gorbatenko K.M., Chuchukalo V.I., Shevtsov G.A. 1995. Daily Ratio of two Abundant Species of Squids in the Bering and Okhotsk Seas in Autumn-Winter Time // Complex studies of the Bering Sea ecosystems. M.: VNIRO Publish. P. 349–257. (In Russ.).
- Gorbatenko K.M., Shevtsov G.A., Chuchukalo V.I. 2003. Feeding of commander squid *Berryteuthis magister* and its trophic relations with walleye pollock on the continental slope of Simushir and Paramushir Islands in spring // Izvestiya TINRO. V. 135. P. 221–230/ (In Russ.).
- Zhabin I.A., Lobanov V.B., Watanabe S., Vakita M., Taranova S.N. 2010. Water exchange between the Bering Sea and the Pacific Ocean through the Kamchatka Strait // Meteorology and hydrology. № 3. P. 84–92. (In Russ.).
- Karpushin M.A., Sapozhnikov V.V., Tolmachev D.O. 1997. The Kashevarov Bank Eddy Structures and influence on the nutrient distribution // Complex studies of the ecosystems of the Sea of Okhotsk. M.: VNIRO Publish. P. 29–35. (In Russ.).
- Kotenev B.N. 1995. Water Dynamics and the Major Factor of the Long-term Variability of Marine Bioproductivity and reproduction of Fishery Resources in the Bering Sea // Complex studies of the Bering Sea ecosystems. M.: VNIRO Publish. P. 7–39. (In Russ.).
- Lapshina V.I., Muravieva O.E., Stepanenko I.G. 1990. Seasonal and annual changes in the quantitative characteristics of net plankton from the waters of the economic zones of the USSR and the DPRK // Izvestiya TINRO. V. 111. P. 133–145. (In Russ.).
- Lisichenko F.V., Alexeyev D.O., Lisichenko A.V. 2018. Scales of reproductive system maturity used in schoolmaster squid investigations // Trudy VNIRO. V. 171. P. 26–38. (In Russ.).
- Markina N.P., Khen G.V. 1990. Main elements of the functioning of pelagic communities of the Bering Sea // Izvestiya TINRO. V. 111. P. 79–93. (In Russ.).
- Marti Yu. Yu. 1980. Migrations of marine fishes. M. Pishevaya Promyshlennost. 248 p. (In Russ.).

- Meshcheryakova I.M.* 1964. Quantitative distribution of plankton in the southeastern part of the Bering Sea in the summer of 1958 and 1959 // Trudy VNIRO. V. 51. P. 141–150. (In Russ.).
- Mordkovich V.G.* 2005. Fundamentals of biogeography. M.: Brotherhood of scientific publications KMK. 236 p. (In Russ.).
- Nesis K.N.* 1985. Oceanic cephalopods: Distribution, living forms, evolution // M.: Nauka Publishing. 286 p. (In Russ.).
- Nesis K.N.* 1989. Teuthofauna of the Sea of Okhotsk. Biology of squids *Berryteuthis magister* and *Gonatopsis borealis* // Zoological J.V. 68 (9). P. 45–56. (In Russ.).
- Nigmatullin Ch.M., Laptikhovskiy V.V., Sabirov R.M.* 1996. Reproductive biology of the Commander squid // Fishery aspects of biology of schoolmaster gonate squid and fishes of slope communities of the western Bering Sea. M.: VNIRO Publish. P. 101–124. (In Russ.).
- Parin N.V.* 1968. Ichthyofauna of the oceanic pelagial. M.: Nauka Publish. 186 p. (In Russ.).
- Railko P.P.* 1979. Distribution and some aspects of biology of Commander squid *Berryteuthis magister* (Cephalopoda, Gonatidae) in the Sea of Japan // Mollusks. General results of research. L.: Nauka Publish. P. 128–129. (In Russ.).
- Railko P.P.* 1983. Biology and distribution of the Commander squid *Berryteuthis magister* around Kurile Islands // Systematics and ecology of cephalopod mollusks. L.: ZIN AN USSR. P. 97–98. (In Russ.).
- Reznik Ya.I.* 1982. Some results of histological research of female gonads of Commander squid *Berryteuthis magister* in the Olutorsk-Navarin region of the Bering Sea // Izvestiya TINRO. V. 106. P. 62–69. (In Russ.).
- Rostov I.D., Yurasov G.I., Rudykh N.I., Moroz V.V., Dmitrieva E.V., Rostov V.I., Nabiullin A.A., Khrapchenkov F.F., Bunin V.M.* 2001. Atlas of oceanography of the Bering and Japan Seas. Vladivostok: V.I. Il'ichev TOI FEO RAS. 106 p. (In Russ.).
- Selivanovsky D.A., Nigmatullin Ch.M.* 2002. On stationary population of schoolmaster squid *Berryteuthis magister* in mesopelagial of the Japan Sea // VI Russ. Conf. on commercial invertebrates. M.: VNIRO Publish. P. 169–172. (In Russ.).
- Skalkin V.G.* 1977. On distribution and biology of Commander squid in the Tatar Strait // All-Union Sci. Conf. res. commercial invertebrates for food, feed and techn. purposes. L.: Nauka Publish. P. 87–88. (In Russ.).
- Fedorets Yu.A.* 1977. Biological characteristics of *Berryteuthis magister* from the slope of the Bering Sea in Autumn 1976 // All-Union Sci. Conf. res. commercial invertebrates for food, feed and techn. purposes. L.: Nauka Publish. P. 97–98. (In Russ.).
- Fedorets Yu.A.* 1979. Some results of research of Commander squid *Berryteuthis magister* (Berry) in the Bering Sea // Mollusks. General results of research. L.: Nauka Publish. P. 122–123. (In Russ.).
- Fedorets Yu.A.* 1983. Seasonal distribution of squid *Berryteuthis magister* in the western part of the Bering Sea // Systematics and ecology of cephalopod mollusks. L.: ZIN AN USSR. P. 129. (In Russ.).
- Fedorets Yu.A.* 1986. Biology and stocks of squid *Berryteuthis magister* (Gonatidae) around Commander Islands // Resources and perspectives of exploitation of squids in the World Ocean. M.: VNIRO Publish. P. 57–66. (In Russ.).
- Fedorets Yu.A., Didenko V.D., Railko P.P., Kravchenko N.E.* 1997 A. Biology of the squid *Berryteuthis magister* in the spawning grounds near the Commander Islands // Izvestiya TINRO. 122. P. 393–429. (In Russ.).
- Fedorets Yu.A., Kozlova O.A.* 1986. Reproduction, fertility and abundance of *Berryteuthis magister* squid (Gonatidae) in the Bering Sea // Resources and perspectives for the use of squid of the World Ocean. M.: VNIRO Publish. P. 57–66. (In Russ.).
- Fedorets Yu.A., Kozlova O.A.* 1988. Some peculiarities of distribution of Commander squid in the western part of the Bering Sea and at East Kamchatka // Resources and the biological basis of rational use of commercial invertebrates. All-Union Conf. Vladivostok: TINRO Publish. P. 74–78. (In Russ.).
- Fedorets Yu.A., Kun M.S.* 1988. Food composition and feeding of Commander squid *Berryteuthis magister* off Kurile Islands in 1987 // Resources and the biological basis of rational use of commercial invertebrates. All-Union Conf. Vladivostok: TINRO Publish. P. 70–72. (In Russ.).
- Fedorets Yu.A., Luchin V.A., Didenko V.D., Railko P.P., Kravchenko N.E.* 1997 B. Conditions for formation of aggregations of the squid *Berryteuthis magister* off the Kuril Islands. Izvestiya TINRO. 122. P. 361–374. (In Russ.).
- Fedorets Yu.A., Railko P.P., Didenko V.D., Filatov V.N.* 2000. Manual for search of aggregations and fishery of Commander squid off Kurile Islands // Vladivostok: TINRO Publish. 26 p. (In Russ.).
- Filippova Yu. A.* 1983. Methods for research of cephalopod mollusks of the World Ocean. M.: VNIRO Publish. 31 p. (In Russ.).
- Filippova Yu.A., Alekseev D.O., Bizikov V.A., Khromov D.N.* 1997. Commercial and Mass Cephalopods of the World Ocean. M.: VNIRO Publish. 272 p. (In Russ.).
- Khen G.V.* 1997 A. Main regularities of multi-year changes of the ice cover of the Bering Sea and Sea of Okhotsk // Complex studies of the ecosystems of the Sea of Okhotsk. M.: VNIRO Publish. P. 64–67. (In Russ.).
- Khen G.V.* 1997 B. Inter-annual dynamics of hydrological areas at the shelf of the western part of the Bering Sea due to meandering of Kamchatka Current // Izvestiya TINRO. V. 122. P. 484–496. (In Russ.).
- Khen G.V., Zaachny A.N.* 2009. Variability of the Kamchatka Current transport and water properties in the Kamchatka Strait // Izvestiya TINRO. V. 158. P. 247–260. (In Russ.).
- Shevtsov G.A.* 1974. Some features of the biology of the squid *Berryteuthis magister* from Commander Islands // Hydrobiology and biogeography of the shelves of cold and temperate waters of the World Ocean. L.: ZIN AN USSR. P. 68–69. (In Russ.).
- Shevtsov G.A.* 1988. Commander squid (*Berryteuthis magister*) from the Kita-Yamato Bank in the economical zone of USSR in the Sea of Japan // Resources and the biological basis of rational use of commercial invertebrates. All-Union Conf. Vladivostok: TINRO Publish. P. 78–79. (In Russ.).
- Shevtsov G.A.* 1990. Features of distribution of Commander squid in pelagial off Kuril Islands // V All-Union Conf. on Commercial Invertebrates. M.: VNIRO Publish. P. 99–100. (In Russ.).

- Shuntov V.P. 2016. Why does the pollock (*Theragra chalcogramma*) abundance change // *Izvestiya TINRO*. V. 185(2). P. 31–48. (In Russ.).
- Shuntov V.P., Sviridov V.V. 2005. The Bering Sea ecosystems at the brink of 20 and 21 centuries // *Izvestiya TINRO*. V. 142. P. 3–29. (In Russ.).
- Shuntov V.P., Volkov A.F., Temnykh O.S., Dulepova E.P. 1993. Alaska pollock in the ecosystems of the Far Eastern Seas. Vladivostok: TINRO Publish. 426 p. (In Russ.).
- Alexeyev D.O., Katugin O.N., Bizikov V.A. 2022. Taxonomic status of squids of the genus *Berryteuthis* Naef, 1921 (Gonatidae, Oegopsida) inhabiting the Sea of Japan // *Ruthenica (Русский малакологический журнал)*, 32 (2), P. 53–59.
- Arkhipkin A.I., Bizikov V.A., Krylov V.V., Nesis K.N. 1996. Distribution, stock structure and growth of the squid *Berryteuthis magister* (Cephalopoda, Gonatidae) during summer and autumn in the Western Bering Sea // *Fish. Bull.* 94 (1). P. 1–30.
- Arkhipkin A.I., Bizikov V.A., Verkhunov A.V. 1998. Distribution and growth in juveniles of the squid *Berryteuthis magister* (Cephalopoda, Gonatidae) in the Western Bering Sea // *Sarsia*. Vol. 83. P. 45–54.
- Drobny P., Norcross B.L., Bickford N. 2007. Age, growth and movement of the squid species *Berryteuthis magister* in the Eastern Bering Sea // *The changing North Pacific: Previous patterns, future projections, and ecosystem impacts*. PICES 16th Ann. Meeting. P. 74.
- Jefferts K. 1988. Zoogeography of cephalopods from the northeastern Pacific Ocean // *Bull. Ocean Res. Inst. Univ. Tokyo*. 26 (1). P. 123–157.
- Jorgensen E.M. 2003. Identification of gonatid squid spawning areas in the Bering Sea and Gulf of Alaska based on paralarval distribution, with comments on paralarval taxonomy // *Biology, recruitment and culture of cephalopods*. The International workshop and symposium of CIAC. P. 42.
- Jorgensen E.M. 2007. Identification, distribution and relative abundance of paralarval gonatid squids (Cephalopoda: Oegopsida: Gonatidae) from the Gulf of Alaska, 2001–2003 // *J. of Molluscan Studies*, 173 (2). P. 155–165.
- Katugin O.N. 1995. Genetic differentiation in *Berryteuthis magister* from the North Pacific // *ICES Mar. Sci. Symp.* 199. P. 459–467.
- Katugin O.N. 2000. A new subspecies of the schoolmaster gonate squid, *Berryteuthis magister* (Cephalopoda: Gonatidae), from the Japan Sea // *Veliger*. V. 43. P. 82–97.
- Katugin O.V., Shevtsov G.A., Zuev M.A., Didenko V.D., Kulik V.V., Vanin N.S. 2013. *Berryteuthis magister*, Schoolmaster Gonate squid // *Advances in squid biology, ecology and fisheries*. Part II. Nova Science Publisher Inc. P. 1–48.
- Kim Y., Lee D.W., Wong K.B., Chun Y.Y. 2008. First record of three species of octopodidae and gonatidae, cphalopods in the East Japan Sea // *J. Envir. Biol.* Vol. 29 (4). P. 581–584.
- Kubodera T., 1992. Biological characteristics of the gonatid squid *Berryteuthis magister magister* (Cephalopoda: Oegopsida) off Northern Hokkaido, Japan // *Mem. Nat. Sci. Mus. Tokyo*. No. 25. P. 111–123.
- Kubodera T., Jefferts K. 1984. Distribution and abundance of the early life stages of squid, primarily Gonatidae (Cephalopoda, Oegopsida), in the Northern North Pacific (part 2) // *Bull. Nat. Sci. Mus. Ser. A*. Vol. 10 (4). P. 165–193.
- Kubodera T., Pearcy W.G., Murakami K., Kobayashi T., Nakata J., Mishima S. 1983. Distribution and abundance of squids caught in surface gillnets in the Subarctic Pacific, 1977–1981 // *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* Vol. 30 (1,2). P. 1–49.
- Nagasawa K., Ueno Y., Sakai J., Mori J. 1998. Autumn distribution of epipelagic fishes and squids in the Okhotsk Sea and Western North Pacific Ocean off the Kuril Islands and Southeast Hokkaido // *Bull. Nat. Res. Inst. Far seas Fish.* No. 35. P. 113–130.
- Nesis K.N. 1997. Gonatid squids in the Subarctic North Pacific: ecology, biogeography, niche diversity and role in the ecosystems // *Adv. Mar. Biol. The Biogeography of the Oceans*. V. 32. P. 245–325.
- Nesis K.N. 1998. The gonatid squid, *Berryteuthis magister* (Berry, 1913): distribution, biology, ecological connections and fisheries // *Contributed papers to international symposium on large pelagic squids / Okutani T. (ed.)*. Japan Marine Fishery Resources Research Center, Tokyo, P. 233–249.
- Nesis, K.N., Nezhlin N.P. 1993. Intraspecific groupings in gonatid squids // *Rus. J. Aquatic Ecol.* V. 2 (2). P. 91–102.
- Nigmatullin Ch.M., Arkhipkin A.I. 1998. A review of the biology of the diamond-back squid, *Thysanoteuthis rhombus* (Oegopsida: Thysanoteuthidae) // *Contributed papers to international symposium on large pelagic squids / Okutani T. (ed.)*. Japan Marine Fishery Resources Research Center, Tokyo. P. 155–181.
- Nigmatullin Ch.M., Arkhipkin A.I., Sabirov R.M. 1995. Age, growth and reproductive biology of diamond-shaped squid *Thysanoteuthis rhombus* (Oegopsida: Thysanoteuthidae) // *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol. 124, No 1–3. P. 73–87.
- Okutani T. 1966. Studies on early life history of Decapodan Mollusca – II. Planctonic larvae of Decapodan Cephalopods from the Northern North Pacific in summer seasons during 1952–1959 // *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.* No. 45. P. 61–79.
- Okutani T. 1980. Useful and latent cuttlefish and squids of the World // *Nat. Coop. Assoc. Squid Processors*. 66 p.
- Okutani T., Kubodera T., Jefferts K. 1988. Diversity, distribution and ecology of gonatid squids in the subarctic Pacific: a review // *Bull. Ocean Res. Inst. Univ. Tokyo*. 26 (1). P. 159–192.
- Okutani T., Tagawa M., Horikawa H. 1987. Cephalopods from continental shelf and slope around Japan. Tokyo. Tosho Printing Co., Ltd. 194 p.
- Springer A.M., McRoy C.P., Flint M.V. 1996. The Bering Sea Green Belt: shelf-edge processes and ecosystem production // *Fisheries oceanography*. Vol. 5 (3/4). P. 205–223.
- Stabeno P.J., Reed R.K. 1994. Circulation in the Bering Sea basin observed by satellite-tracked drifters: 1986–1993 // *J. Phys. Res.* Vol. 24. P. 848–854.

Поступила в редакцию 25.04.2022 г.
Принята после рецензии 11.07.2022 г.



Промысловые виды и их биология

Атлантическая скумбрия в Норвежском и Баренцевом морях: история и современность

Ю.Н. Калашников, Е.В. Сентыбов

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

Цель работы – анализ основных факторов абиотического и биотического характера, влияющих на распределение скумбрии в пределах нагульного ареала.

Материалами исследований послужили данные о состоянии запаса, распределении скумбрии в Норвежском море и сопредельных водах, а также её встречаемости в Баренцевом море. Использована информация о ежемесячных полях температуры поверхностного слоя моря и биомассе зоопланктона.

Используемые методы: сравнительный анализ данных.

Новизна: в работе проведён анализ распределения скумбрии, температуры воды и кормового зоопланктона в различных частях Норвежского моря за последние 12 лет и впервые выполнен литературно-исторический обзор встречаемости скумбрии в Баренцевом море с начала XX века по настоящее время.

Результаты: Отмечены особенности распределения скумбрии в Норвежском море и сопредельных водах во втором – начале третьего десятилетий XXI века. Представлен исторический обзор по встречаемости скумбрии в Баренцевом море в летне-осенний период её жизненного цикла. Из анализа основных факторов абиотического и биотического характера следует, что ежегодные миграции скумбрии и районы её промысла определяются, в первую очередь, особенностями океанографической ситуации, условиями нагула и динамикой запаса в различные годы. Сделано предположение о невозможности появления промысловых скоплений скумбрии в нагульный период ближайших лет в западных районах Баренцева моря.

Ключевые слова: скумбрия *Scomber scombrus*, Норвежское и Баренцево моря, океанографические условия, миграции, динамика запаса, промысел, зоопланктон.

Atlantic mackerel in the Norwegian and Barents Seas: history and current state

Yury N. Kalashnikov, Evgeniy V. Sentyabov

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

The aim of the work is to analyze the main abiotic and biotic factors affecting the distribution of mackerel within the feeding area.

The research materials were data on the stock status, distribution of mackerel in the Norwegian Sea and adjacent waters, and also on its occurrence in the Barents Sea. Information on monthly temperature fields of the sea surface layer and zooplankton biomass was used.

Methods used: comparative data analysis.

Novelty: the analysis of the distribution of mackerel, water temperature and feeding zooplankton in various parts of the Norwegian Sea over the past 12 years was carried out in the work, and for the first time a literary and historical review of the occurrence of mackerel in the Barents Sea from the beginning of the XX century to the present was performed.

Results: The peculiarities of the distribution of mackerel in the Norwegian Sea and adjacent waters in the second – beginning of the third decades of the XXI century are noted. The historical review of the occurrence of mackerel in the Barents Sea in the summer-autumn period of its life cycle is presented. From the analysis of the main factors of abiotic and biotic nature it follows that the annual migrations of mackerel and its fishing areas are determined primarily by the peculiarities of the oceanographic situation, feeding conditions and stock dynamics in different years. An assumption was made about the impossibility of the appearance of mackerel aggregations in the western part of the Barents Sea during the feeding period of the coming years.

Keywords: mackerel *Scomber scombrus*, Norwegian and Barents Seas, oceanographic conditions, migrations, stock dynamics, fishing, zooplankton.

ВВЕДЕНИЕ

Скумбрия атлантическая или обыкновенная (*Scomber scombrus* L., 1758) относится к роду скумбрий семейства скумбриевых Scombridae. Является

стайной теплолюбивой пелагической рыбой и широко распространена в водах Северной Атлантики [Андрияшев, 1954; Никольский, 1971; Lockwood, 1988].

Скумбрия — один из важнейших объектов промысла как в Норвежском море, так и в целом во всей Северо-Восточной Атлантике (СВА). Россия не является государством, прибрежным по отношению к запасу скумбрии, но ведёт регулярные исследования, её промысел — с 60-х годов XX века и имеет статус наблюдателя на совещаниях государств, занимающихся вопросами управления промыслом скумбрии. С начала 80-х годов XX века именно Россия (СССР) стала пионером в деле изучения и освоения запасов скумбрии в международных водах Норвежского моря. Это позволило значительно расширить географию и сроки промысла и для прибрежных государств. Особенности биологии скумбрии, её сезонных миграций и распределения в зависимости от океанологических условий, динамика промысла широко представлены в научной литературе [Meek, 1916; Шмидт, 1947; Тамбс-Люхе, 1956; Беликов и др., 1991; Сентыабов, Бочков, 2001; Клочков, Чинарина, 2005; Шамрай и др., 2010; Далимаев и др., 2011; Калашников, 2017;^{1,2}].

Большинство исследователей склоняются к тому, что в СВА обитают три компонента запаса скумбрии, обособленных во время зимовки и нереста, но смешивающихся в нагульный период, — западно-ирландский, североморский и южный [Клочков, Чинарина, 2005]. Границы их распределения условны, а смешиваемость, особенно в нагульный период, достаточно высока. Поэтому в Международном Совете по исследованию моря (ИКЕС) было принято решение при выработке рекомендаций по эксплуатации рассматривать всю скумбрию СВА как единый запас.

В конце XX века отмечено усиление адвекции тепла водами Северо-Атлантического течения (CAT) в Норвежское море, которая значительно возросла в первом десятилетии XXI века [Педченко и др., 2005]. Во втором десятилетии XXI века продолжилось устойчивое поступление тепла в Северо-Европейский бассейн, который является переходной областью между Северной Атлантикой и Арктическим бассейном [Трофимов и др., 2018]. В связи с этим были проанализированы изменения миграционных путей скумбрии и размерно-возрастная структура её скоплений в Норвежском море в нагульный период 2002–2018 гг. [Далимаев и др., 2011; Калашников, Селиверстова, 2020].

По данным летней международной тралово-акустической съёмки (ТАС) в Северных морях (IESSNS), которую ежегодно проводят прибрежные государства, скумбрия очень изменчиво распределялась в летний период 2010–2021 гг. как в северном, так и в западном направлении.³

Целью настоящей работы является изучение и анализ особенностей распределения скумбрии в Норвежском море и сопредельных водах во втором — начале третьего десятилетий XXI века, возможные причины этих особенностей и представление исторических материалов по встречаемости скумбрии в Баренцевом море в XX и начале XXI веков.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В статье проанализированы основные абиотические и биотические факторы, особенности океанографической ситуации, влияющие на условия нагула и динамику запаса скумбрии в Норвежском море и сопредельных водах в рассматриваемые годы.

Представлен исторический обзор литературы по встречаемости скумбрии в Баренцевом море в Исколючительной экономической зоне (ИЭЗ) России с начала XX века. Используются данные по состоянию запаса и распределению скумбрии, а также по индексам биомассы кормового зоопланктона в Норвежском море и сопредельных водах в нагульный период жизненного цикла скумбрии из материалов Рабочей группы (РГ) ИКЕС по широко распределённым запасам (WGWIDE)³.

Использована информация о месячных полях температуры поверхностного слоя моря (ТПСМ) в узлах регулярной сетки с сервера Национального центра прогноза условий среды из информационных массивов Национальной океанической и атмосферной Администрации США (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA).⁴ Данные осреднялись за 30-летний период 1991–2020 гг., рекомендованный для расчёта климатических норм Всемирной метеорологической организацией [WMO, 2014]. В каждой точке вычислялись аномалии месячных значений ТПСМ, и в дальнейшем с использованием пакета Surfer за летние месяцы 2010–2021 гг. строились карты распределения этих аномалий по районам исследований.

¹ Belikov S.V., Jakupsstovu S.H., Shamrai E., Thomsen B. 1998. Migration of Mackerel during summer in the Norwegian Sea // ICES CM 1998/AA:8. 15 pp.

² Скумбрия атлантическая. 2005. Путинный прогноз 2005. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 56 с.

³ Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). 2021. ICES Scientific Reports. V. 3. Is. 95. 903 pp.

⁴ SST fields from NOAA NCEP EMC CMB GLOBAL Reyn_SmithOlv2 monthly // Climate Modeling Branch, National Centers for Environmental Prediction, National Oceanic and Atmospheric Administration. Accessible via: <http://iridl.ldeo.columbia.edu>. 15.04.2022.

Распределение отечественного флота в 2010–2021 гг. получено из базы данных Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО».

РЕЗУЛЬТАТЫ

История встречаемости скумбрии в Баренцевом море. Регулярные фаунистические исследования Баренцева моря начались в 1898 г., однако Мурманская научно-промысловая экспедиция не обнаружила скумбрию (макрель) в водах Мурманска. Первая её находка относится к октябрю 1907 г., когда в районе г. Кемь в Белом море был пойман крупный экземпляр скумбрии длиной 40 см [Кузнецов, 1909; Промысловые рыбы ..., 1952]. По мнению И.Д. Кузнецова [1909], появление теплолюбивой макрели в Белом море оказалось возможным благодаря течению с оптимальной для этой рыбы температурой.

Летом 1916 г. вдоль Мурманского побережья была отмечена макрель. В августе указанного года в Тюва-Губе (Кольский залив) было выловлено свыше 10 тыс. пудов сельди. В этом улове в количестве 1–2% отмечена макрель размером 19–22 см. Встречаемость макрели у берегов Мурманска «явление необычное, поэтому организация промысла этой рыбы преждевременна» [Веберман, 1918].

Случаи миграции скумбрии к Мурманскому побережью упоминались и в другой литературе. Ханс Тамбс-Люхе [1956] писал, что в середине 1920-х годов русские рыбаки вылавливали у Мурманского побережья по 300–400 кг макрели. В сентябре-октябре 1936 г. скумбрия ловилась вдоль всего мурманского побережья от п-ова Рыбачий до Горла Белого моря. Так, в уловах дрейфтерных ботов, полученных в Баренцевом море на промысле сельди в районах от п-ова Рыбачий до Териберки, наблюдалось до 315 кг скумбрии на один дрейф сельдяного бота [Есипов, Карантонис, 1936; Промысловые рыбы ..., 1952; Андрияшев, 1954].

В 1924, 1936–1937 и 1946 гг. в районе Мурманского побережья наблюдалось значительное количество мелкой скумбрии длиной 16–17 см и массой 30–50 г [Марти, 1980]. Случаи поимки скумбрии были отмечены и у западного побережья архипелага Новая Земля [Агапов, Топорков, 1937].

Заходы скумбрии в Белое море наблюдались в 1924 г. у Терского берега и в 1936, 1939 и 1946 гг. в губе Гридино. Появление скумбрии в Белом море отмечается в особо тёплые годы, когда в районы, прилегающие к Кольскому п-ову, мигрирует, в основном, молодь скумбрии (двухлетки в возрасте 1+), принадлежащая к наиболее многочисленным урожайным поколениям. В тёплые годы рыба может широко распро-

страняться в Баренцевом море, подходить в значительных количествах к берегам Мурманска и одновременно проникать в Белое море, где она распределяется на участках с максимальной солёностью и питается молодь сельди [Алтухов и др., 1958].

В августе 1924 г. около селения Колвицы на Терском берегу было добыто около 1,5 т скумбрии [Дерюгин, 1928; Андрияшев, 1954]. Б.М. Тамбовцев [1949] в своей статье в журнале «Рыбное хозяйство» подчёркивал, что в 1946–1948 гг. участились случаи поимки скумбрии в Кандалакшском заливе Белого моря.

Взрослые половозрелые особи скумбрии встречаются в Баренцевом море крайне редко, в то время как молодые особи (длиной до 19–22 см) вылавливались тысячами килограммов [Промысловые рыбы ..., 1952]. В Баренцевом море наиболее часто встречается двухлетняя скумбрия (возраст 1+) длиной 18–22 см, однако в 1939 г. в Кандалакшском заливе Белого моря был пойман экземпляр длиной 42 см и весом 420 г [Андрияшев, 1954].

Значительные заходы скумбрии в Баренцево море в первой половине XX века были связаны с повышением температуры воды [Кузнецов, 1909; Есипов, Карантонис, 1936]. Все исторические указания о значительном количестве скумбрии на Мурмане совпадают с периодами потепления Баренцева моря в 1924, 1936, 1945 и 1946 гг., отнесённых к тёплым в гидрологическом отношении годам для Баренцева моря. Проникновение в Баренцево море скумбрии в 1945–1946 гг. произошло после сильного потепления в 1942–1943 гг. [Промысловые рыбы ..., 1952]. В годы уменьшения теплосодержания Баренцева моря (например, 1940 г.) скумбрия у берегов Мурманска не встречалась.

Интересно отметить, что информация о встречаемости взрослой скумбрии в Баренцевом море во второй половине XX — начале XXI веков практически отсутствует. Например, в июле 2013 г., по данным Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО», единичные экземпляры скумбрии длиной 37–42 см наблюдались в прибрежных районах моря на акватории между 32 и 35° в. д. В сентябре 2015 и 2017 гг. отдельные особи скумбрии длиной 34–41 см отмечены на акватории Нордкинской банки и Мурманского языка между 26 и 31° в. д.

В западных районах Баренцева и на востоке Норвежского моря, в пределах экономической зоны Норвегии преимущественно к югу от 72° с. ш. между 20–34° в. д. в августе-сентябре 1969, 1974, 1976, 1978, 1980, 1984–1985, 1988–1989, 2003 и 2013 гг. отмечены сеголетки скумбрии в количестве от единичных до сотен экземпляров. В пределах ИЭЗ

России (до 35–37° в. д.) сеголетки скумбрии единично наблюдались в 1972 и 2013 гг.^{5,6,7}

Распределение скумбрии в Норвежском море и сопредельных водах в XXI веке. Зональное распределение чаще всего считается наиболее важным критерием для тех компонентов запаса скумбрии, которые распределяются в пределах экономических зон прибрежных государств. В ИКЕС накоплены и ежегодно оцениваются многолетние научные данные по распределению, динамике запаса и промыслу скумбрии³, а в рамках Комиссии по рыболовству в СВА (НЕАФК) ведётся статистика её промысла.

Увеличение интенсивности системы САТ и адвекции тёплых вод в Норвежское море обусловило в пер-

вом десятилетии XXI века расширение ареала нагула скумбрии в северном и западном направлениях и более ранние сроки выхода рыбы на акваторию Норвежского моря. Так, в июле и августе 2001 г. скумбрия облавливалась российскими судами на северных участках района регулирования НЕАФК до 74° с. ш. [Шамрай и др., 2010]. Океанологические условия способствовали миграции значительного количества скумбрии в западном направлении – в рыболовную зону Исландии, что позволило этой стране выловить более 100 тыс. т рыбы в 2008–2009 гг. и стать прибрежным государством по отношению к запасу скумбрии в 2010 г.

В 2010–2017 гг., по данным IESSNS³, наблюдалось выраженное расширение распределения скумбрии на запад до вод Гренландии и моря Ирмингера (рис. 1, 2).

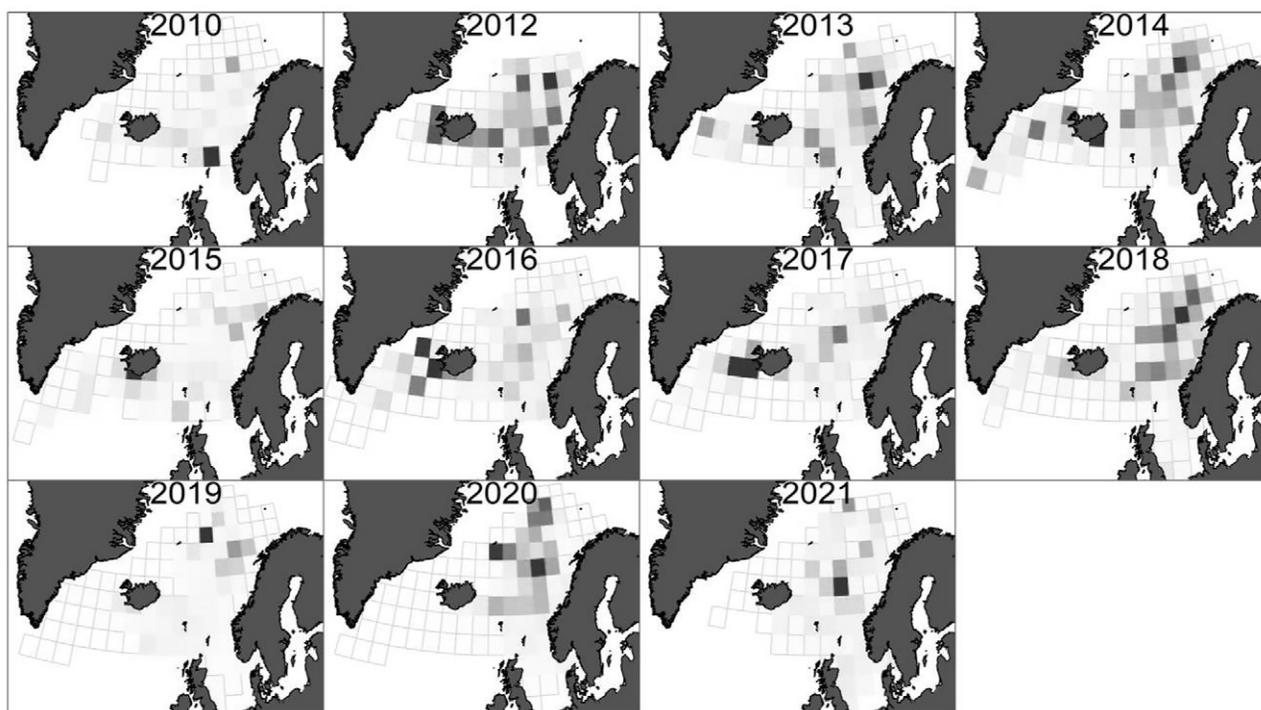


Рис. 1. Распределение скумбрии в Норвежском море и сопредельных водах в июле-августе 2010–2021 гг. (по данным IESSNS). Представлено распределение средних коэффициентов вылова скумбрии в стандартизованных прямоугольниках (2° широты x 4° долготы). Цветовая шкала изменяется от белого (= 0) до чёрного (максимальное значение 17 т/кв. км для 2021 г.)³

Fig. 1. Distribution of mackerel in the Norwegian Sea and adjacent waters in July-August 2010–2021 (according to IESSNS data). The distribution of average mackerel catch coefficients in standardized rectangles (2° in latitude x 4° in longitude) is presented. The color scale changes from white (= 0) to black (the maximum value of 17 t/sq. km in 2021)³

⁵ Survey report from the joint Norwegian/Russian ecosystem survey in the Barents Sea, August – October 2003. 2003. IMR/PINRO Joint Report Series, № 2. 51 pp.

⁶ Proceedings of the international 0-group fish survey in the Barents Sea and adjacent waters in August-September 1965–1997/ 2004. IMR/PINRO Joint Report Series. № 2. 552 pp.

⁷ Survey report from the joint Norwegian/Russian ecosystem survey in the Barents Sea and adjacent waters, August-October 2013. 2013. IMR/PINRO Joint Rep. Ser., № 4. 131 pp.

Особенности распределения рыбы позволили Гренландии выловить в своей экономической зоне в 2014 г. 79 тыс. т скумбрии и войти в «клуб» прибрежных государств в 2016 г. В 2011–2016 гг. ежегодный вылов скумбрии Исландией в своей экономической зоне достигал около 150 тыс. т.

Однако уже с 2018 г. скумбрия распространялась значительно восточнее, чем в 2017 г. Наблюдалось

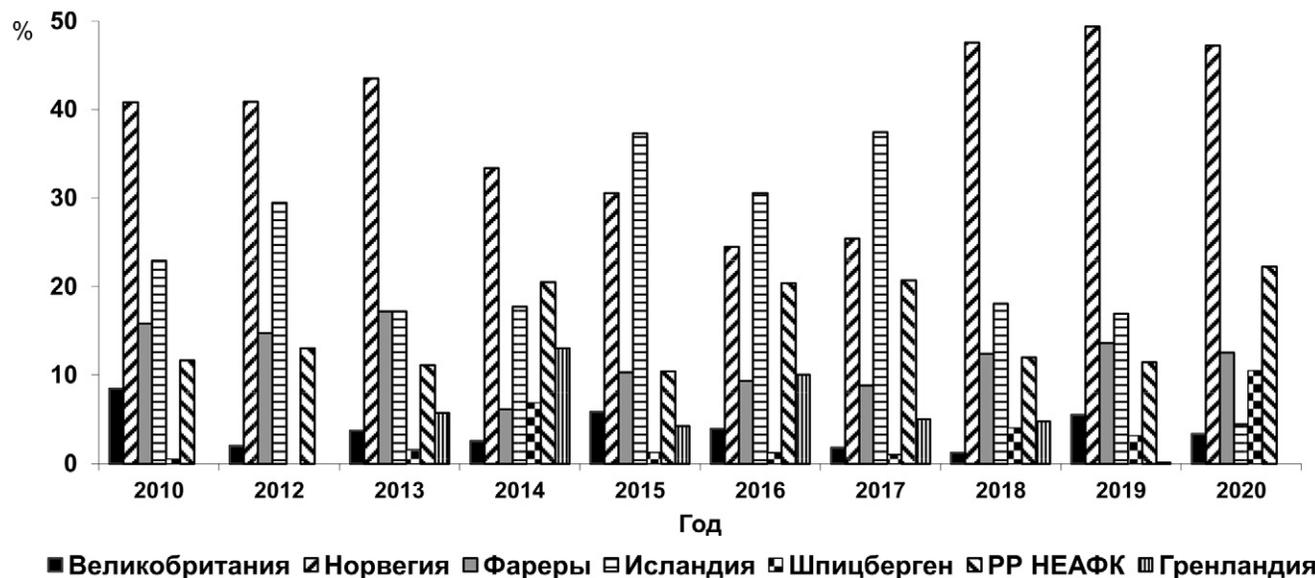


Рис. 2. Распределение индекса (%) биомассы скумбрии по районам исследований (экономическим зонам) к северу от 60° с. ш. по данным IESSNS в июле-августе 2010–2020 гг.

Fig. 2. Distribution of the mackerel biomass index (%) by research areas (economic zones) north of 60° N according to IESSNS data in July-August 2010–2020

очевидное сокращение площади пространственного распределения и численности рыбы в западных районах, что обусловило незначительную величину биомассы скумбрии в водах Гренландии в 2019 г. Эта разница в распределении в основном заключалась в значительном снижении её биомассы на западе (к западу от 15° з. д.). Наблюдалось выраженное смещение скоплений рыбы в Норвежском море на восток. В 2019 г. скумбрия распределялась северо-восточнее по сравнению с периодом 2012–2018 гг. (см. рис. 1).

В 2020–2021 гг. рыба в зоне Гренландии не была отмечена, а распространение скумбрии в исландских водах сократилось до юго-восточного побережья Исландии. В 2021 г. наибольшие концентрации рыбы были отмечены в основном в центральной и северной частях Норвежского моря³.

Значительные изменения в распределении скумбрии в нагульный период разных лет были обусловлены, вероятно, динамикой биомассы запаса рыбы, температурными условиями и динамикой биомассы кормового зоопланктона.

Динамика запаса. В годы с высокой биомассой запаса скумбрия обычно распределяется наиболее широко в районах нагула. Несмотря на значительное изменение её миграционных путей в нагульный период, во втором – начале третьего десятилетий XXI века информация о встречаемости скумбрии в Баренцевом море практически отсутствует. Отмеченная в 2013 г. в ИЭЗ России рыба наблюдалась в год, предшество-

вавший периоду максимальной с 1980 г. биомассы нерестового запаса скумбрии. По материалам ИКЕС, нерестовый запас, достигнув максимума в 2014–2015 гг. (5,6 млн т), в 2020 г. снизился до 3,9 млн т, а в 2021 г. составил около 3,5 млн т (рис. 3)³. Именно в 2013–2017 гг. рыба наиболее широко распределялась в районах нагула (см. рис. 1, 2). С 2016 г. наблюдается отрицательная динамика биомассы запаса.

В XX веке до акватории Баренцева моря в летний нагульный период мигрировала, вероятно, в основном, рыба, относящаяся к североморскому компоненту запаса, который претерпел катастрофическое снижение биомассы и численности в 1970-х гг. из-за чрезмерного вылова и в настоящее время находится в депрессивном состоянии [Jansen, 2014].

Температура. Изменение температуры среды обитания в тех или иных районах на разных этапах жизненного цикла рыбы может оказать значительное влияние на её распределение. Для скумбрии, обитающей в нагульный период в приповерхностном слое воды, наиболее важную роль играет изменение температуры поверхностного слоя моря (ТПСМ).

В работе проанализировано распределение аномалий ТПСМ на обширной акватории от юга Гренландии до запада Баренцева моря и положение отечественных судов на промысле скумбрии в летние месяцы (период путины – июнь-сентябрь) 2010–2021 гг.

На рис. 4 представлены аномалии температуры и распределение отечественного флота в июле, как

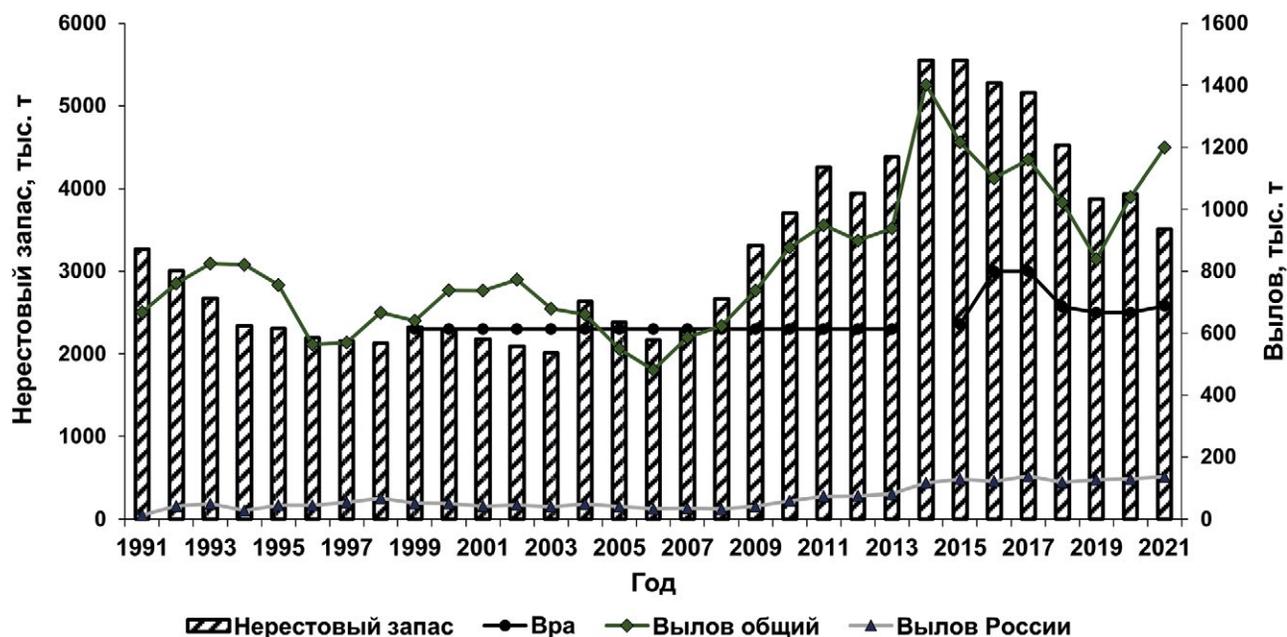


Рис. 3. Биологический ориентир B_{pa} , нерестовый запас и вылов скумбрии в Северо-Восточной Атлантике в 1991–2021 гг.³
 Fig. 3. Biological benchmark of B_{pa} , spawning stock and mackerel catch in North East Atlantic in 1991–2021³

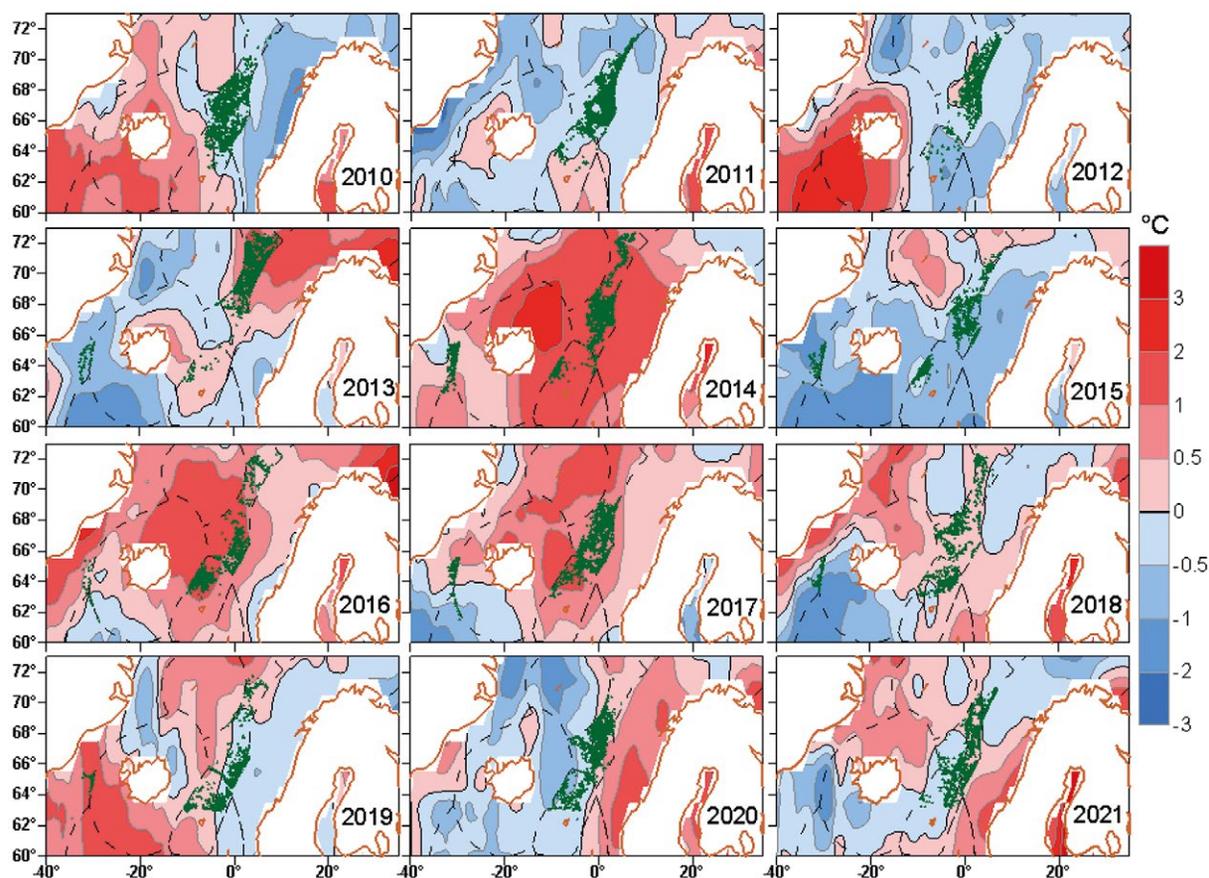


Рис. 4. Аномалии ТПСМ (при норме 1991–2020 гг.) и положение отечественных судов на промысле скумбрии в июле 2010–2021 гг.
 Fig. 4. Anomalies of SST (at the 1991–2020 average) and the position of Russian vessels in the mackerel fishery in July 2010–2021

одном из месяцев наиболее активного промысла скумбрии. Принято считать, что распределение флота может отражать смещение промысловых скоплений рыбы на акваториях, доступных для отечественных судов. Отмечена закономерность смещения районов работы судов России в зависимости от динамики ТПСМ, что косвенно указывает на «западное» или «восточное» распределение скоплений скумбрии в открытой части Норвежского моря. Однако показано также, что отмечаемые в 2013–2019 гг. участки промысла рыбы западнее экономической зоны Исландии не всегда характеризовались повышенной относительно нормы температурой в этих районах.

Кормовой зоопланктон. Распределение и динамика миграций скумбрии в Норвежском море и сопредельных водах в нагульный период её жизненного цикла могут быть тесно связаны с пространственным распределением скоплений зоопланктона, а интенсивность её питания наиболее высокая в районах биологически продуктивных фронтальных зон моря [Клочков, Чинарина, 2005].

По материалам весенней международной экосистемной ТАС в Северных морях (IESNS), в мае 2003–2010 гг. в Норвежском море наблюдалось значительное снижение значений средней биомассы зоопланктона (с 12,4 до 4,3 г/м² сухой массы в слое 0–200 м)³. В последующие годы отмечалось её постепенное увеличение, и в 2014 г. этот показатель превысил среднемноголетний уровень и достиг 9,7 г/м².

В 2015 г. на акватории Норвежского моря вновь отмечалось снижение биомассы планктона до 6,5 г/м². В 2016–2021 гг. биомасса планктона изменялась от 8,1 до 10,9 г/м² и в среднем составляла 9,2 г/м², что близко к среднемноголетнему уровню.

По материалам IESSNS³, в июле 2010–2021 гг. в Норвежском море индекс средней биомассы зоопланктона изменялся от 4,6 до 8,7 г/м² и в среднем составил 7,3 г/м² (рис. 5). В исландских и гренландских водах этот показатель изменялся в более широком диапазоне – от 4,2 до 10,8 г/м² в водах Исландии (в среднем – 7,4 г/м²) и от 5,3 до 16,5 г/м² в водах Гренландии (в среднем – 11,2 г/м²). Суммарный средний индекс по всем районам исследований изменялся от 5,5 до 9,1 г/м² и в среднем составил 7,5 г/м².

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Исходя из приведённого выше анализа влияния указанных факторов на распределение скумбрии в нагульный период её жизненного цикла, наиболее значимым фактором, по-видимому, является динамика биомассы общего и нерестового запасов рыбы. Наблюдавшийся в период 2008–2015 гг. почти постоянный рост нерестового запаса сопровождался и ростом мирового вылова скумбрии до 1,4 млн т в 2014 г. С этого года мировой вылов скумбрии почти постоянно, за исключением 2019 г., превышал 1 млн т (см. рис. 3). Как было указано выше, именно в 2013–2017 гг. рыба наиболее широко распределялась в районах нагула от вод Гренландии на западе до 75–76° с.ш. в районе ар-

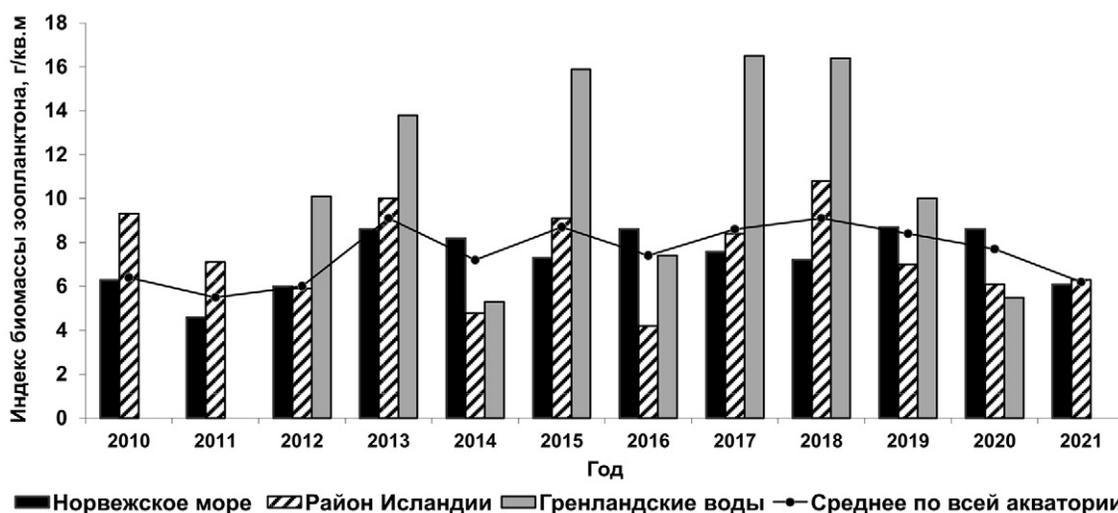


Рис. 5. Индекс биомассы зоопланктона (г/м² сухой массы в слое 0–200 м) в Норвежском море и сопредельных водах в июле–августе 2010–2021 гг. (районы Норвежского моря между 17° в. д. и 14° з. д., исландских вод между 14–30° з. д. и гренландских вод к западу от 30° з. д., в основном к северу от 60° с. ш.)³

Fig. 5. Index of zooplankton biomass (g/m², dry mass in the 0–200 m layer) in the Norwegian Sea and adjacent waters in July–August 2010–2021 (areas of the Norwegian Sea between 17° E – 14° W, Icelandic waters between 14–30° W and Greenland waters west of 30° W, mainly north of 60° N)³

хипелага Шпицберген. В эти годы её нерестовый запас находился на уровне 4,4–5,6 млн т.

С 2016 г. наблюдается отрицательная динамика биомассы нерестового запаса, который в 2021 г. составил 3,5 млн т. С 2018 г. отмечено выраженное смещение скоплений скумбрии на северо-восток в Норвежское море. Вероятно, в ближайшие годы её нерестовый запас снизится до 3,0–3,2 млн т, но всё равно будет находиться на уровне выше безопасных биологических границ ($B_{pa}=2,58$ млн т). Североморский компонент запаса, несмотря на положительную динамику его биомассы, в настоящее время ещё находится в депрессивном состоянии³.

Несмотря на то, что в летний период 2016–2017 гг. значительные положительные аномалии температуры поверхностных вод отмечались и на западе Баренцева моря, данные о встречаемости скумбрии в Баренцевом море практически отсутствуют.

В течение последних 12 лет наилучшие океанографические условия для проникновения скумбрии в Баренцево море в летний период наблюдались в 2013 и 2016–2017 гг., когда значительные положительные аномалии ТПСМ отмечались как на севере Норвежского, так и на западе Баренцева морей (см. рис. 4). Между этими периодами в 2014 г. теплосодержание поверхностных вод Норвежского моря также оставалось на высоком уровне [Карсаков и др., 2016], однако в Баренцевом море термические условия не были благоприятными для проникновения скумбрии. В 2015 г. наблюдалось выраженное значительное похолодание поверхностных вод на обеих акваториях. В остальные годы, несмотря на благоприятные океанографические условия для широкого распределения скумбрии на акватории Норвежского моря и распространения этого вида на запад в зону Гренландии, выраженная миграция рыбы в западные районы Баренцева моря не наблюдалась. А в последние 2–3 года в Северо-Европейском бассейне в целом отмечается тенденция похолодания вод [Трофимов, 2021]. Поэтому в ближайшее время термические условия для проникновения скумбрии в западные районы Баренцева моря скорее всего будут неблагоприятными.

В летний период 2010–2021 гг. динамика средней биомассы кормового зоопланктона по всем районам исследований в целом соответствовала динамике изменения данного параметра в Норвежском море (см. рис. 5). В 2018–2020 гг. индекс биомассы зоопланктона в водах Гренландии и Исландии снижался, а в Норвежском море увеличивался. Это, как и отрицательная динамика нерестового запаса, могло способствовать перераспределению скоплений скумбрии в нагульный период в более восточные и северные районы

Норвежского моря, но термические условия в последние годы не позволили рыбе мигрировать в сторону Баренцева моря.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, весь комплекс рассмотренных факторов указывает на то, что в ближайшие годы основные скопления атлантической скумбрии в нагульный период скорее всего будут распределяться в центральной и северной частях Норвежского моря. Условия для работы российского промыслового флота в июне-сентябре в районе регулирования НЕАФК при более вероятном «восточном» распределении рыбы будут относительно благоприятными, несмотря на негативную динамику биомассы её запаса. Появление скумбрии в западных районах Баренцева моря даже в незначительном количестве представляется крайне маловероятным.

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 «ПИНРО» им. Н.М. Книповича» по теме «Оценка состояния, распределения, численности и воспроизводства водных биологических ресурсов, а также среды их обитания».

ЛИТЕРАТУРА

- Агапов И.Д., Топорков Г.Н. 1937. Некоторые данные о рыбах западного побережья Новой Земли // Проблемы Арктики. Т. 2. С. 106.
- Алтухов К.А., Михайловская А.А., Мухомедияров Я.Б., Надежин В.М., Новиков П.Н., Паленичко З.Г. 1958. Рыбы Белого моря. Петрозаводск: ГосИздат КарелАССР. 162 с.
- Андряшев А.Н. 1954. Рыбы северных морей СССР. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 566 с.
- Беликов С.В., Боркин И.В., Крысов А.И., Селиверстова Е.И., Ушаков Н.Г. 1991. Состояние запасов пелагических рыб и перспективы их восстановления в морях Европейского Севера // Комплексные рыбохозяйственные исследования ПИНРО на Северном бассейне: итоги и перспективы. Мурманск: ПИНРО. С. 130–144.
- Веберман Э. 1918. О миграции макрели (*Scomber scombrus* L.) // Изв. Акад. общества изуч. Русского Севера. № 10–12. С. 215–220.
- Далимаев А.П., Селиверстова Е.И., Калашников Ю.Н. 2011. Закономерности и особенности распределения, миграций и поведения скумбрии в период нагула в зависимости от условий среды и размерно-возрастной структуры

- популяции // Рыбное хозяйство. Юбилейный спецвыпуск. С. 53–57.
- Дерюгин К.М. 1928. Фауна Белого моря и условия её существования // Исследования морей СССР. Вып. 7–8. 344 с.
- Есипов В.К., Карантонис Ф.Э. 1936. Скумбрия на Мурмане // За рыбную индустрию Севера. № 12. С. 26–27.
- Калашников Ю.Н. 2017. Состояние промысла атлантической скумбрии в Северо-Восточной Атлантике // Научные труды Дальрыбвтуза. Владивосток. Т. 41. С. 22–28.
- Калашников Ю.Н., Селиверстова Е.И. 2020. Особенности распределения и размерно-возрастной состав скумбрии в Норвежском море в летний период 2008–2018 гг. // Труды ВНИРО. Т. 179. С. 37–59.
- Карсаков А.Л., Боровков В.А., Сентябов Е.В., Ившин В.А., Бялякин Г.Г., Аболмасова З.В. 2016. Океанографические условия в морях Северо-Европейского бассейна и Северной Атлантики в 2014–2015 гг. и их влияние на распределение промысловых рыб // Труды ВНИРО. Т. 164. С. 5–21.
- Клочков Д.Н., Чинарина А.Д. 2005. Биология и промысел атлантической скумбрии (*Scomber scombrus* Linnaeus, 1758) в Норвежском море. Апатиты: Изд-во КНЦ. 67 с.
- Кузнецов И.Д. 1909. Макрель в Белом море // Ежегодник зоологического музея. Т. 13. С. 45.
- Марти Ю.Ю. 1980. Миграции морских рыб. М.: Пищ. пром-ть. 248 с.
- Никольский Г.В. 1971. Частная ихтиология. М.: Высшая школа. 473 с.
- Педченко А.П., Боровков В.А., Гузенко В.В., Карсаков А.Л., Лободенко С.Е., Сентябов Е.В. 2005. Пространственно-временные изменения абиотических факторов и их влияние на распределение основных видов промысловых рыб Северного бассейна в 2003–2004 гг. // Вопросы промысловой океанологии. Вып. 2. С. 101–125.
- Промысловые рыбы Баренцова и Белого морей. 1952. Л.: ВНИРО. ПИНРО. 238 с.
- Сентябов Е.В., Бочков Ю.А. 2001. Методика прогнозирования сроков появления и распределения скумбрии и путассу в промысловых районах Северо-Восточной Атлантики и Норвежского моря. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 26 с.
- Тамбовцев Б.М. 1949. Обыкновенная белона в Белом море М.: Рыбное хозяйство. Т. 4. С. 48.
- Тамбс-Люхе Х. 1956. Промысловые рыбы Норвегии. М.: Изд-во МРП СССР. 158 с.
- Трофимов А.Г., Карсаков А.Л., Ившин В.А. 2018. Изменение климата в Баренцевом море на протяжении последнего полувека // Труды ВНИРО. Т. 173. С. 79–91. doi: 10.36038/2307–3497–2018–173–79–91
- Трофимов А.Г. 2021. Современные тенденции изменения океанографических условий Баренцева моря // Труды ВНИРО. Т. 186. № 4. С. 101–118. doi: 10.36038/2307–3497–2021–186–101–118.
- Шамрай Е.А., Сентябов Е.В., Селиверстова Е.И., Калашников Ю.Н. 2010. Российский промысел скумбрии в Норвежском море: история, современность и перспективы // Вопросы рыболовства. Т. 11. № 4 (44). С. 681–693.
- Шмидт П.Ю. 1947. Миграции рыб. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 362 с.
- Jansen T. 2014. Pseudocollapse and rebuilding of North Sea mackerel (*Scomber scombrus*) // ICES Journal of Marine Science. 71(2). P. 299–307. doi:10.1093/icesjms/fst148.
- Lockwood S.J. 1988. The Mackerel. Its biology, assessment and the management of a fishery. Fishing News Books Ltd, Farnham, Surrey, England. 181 pp.
- Meek A. 1916. The migrations of fish. London. 427 pp.
- WMO. 2014. Commission for Climatology – Sixteenth session: Abridged final report with resolutions and recommendations. World Meteorological Organization. WMO-№ 1137. 68 pp.

REFERENCES

- Agapov I.D., Toporkov G.N. 1937. Some data on the fish of the west coast of Novaya Zemlya // Problems of Arctic. Vol. 2. P. 106. (In Russ).
- Altukhov K.A., Mikhailovskaya A.A., Mukhomediarov Ya.B., Nadezgin V.M., Novikov P.N., Palenichko Z.G. 1958. Fish of the White Sea. Petrozavodsk: Gosizdat Karelian ASSR. 162 pp. (In Russ).
- Andriyashev A.N. 1954. Fishes of the Northern seas of the USSR. – M.-L.: USSR Academy of Sciences Press. 566 pp. (In Russ).
- Belikov S.V., Borkin I.V., Krysov A.I., Seliverstova E.I., Ushakov N.G. 1991. The state of pelagic fish stocks and prospects for their restoration in the seas of the European North // Integrated fisheries research of PINRO in the Northern Basin: results and prospects. Murmansk: PINRO. P. 130–144. (In Russ).
- Weberman E. 1918. On the migration of mackerel (*Scomber scombrus* L.) // Izv. Acad. the region is studied. The Russian North. No.10–12. P. 215–220. (In Russ).
- Dalimaev A.P., Seliverstova E.I., Kalashnikov Yu.N. 2011. Patterns and features of distribution, migrations and behavior of mackerel during the feeding period, depending on environmental conditions and the size and age structure of the population // Fisheries. Anniversary special edition. P. 53–57. (In Russ).
- Deryugin K.M. 1928. Fauna of the White Sea and conditions of its existence // Studies of the seas of the USSR. Issue 7–8. 344 pp. (In Russ).
- Esipov V.K., Karantonis F.E. 1936. Mackerel on Murman. // For the fishing industry of the North. No. 12. P. 26–27. (In Russ).
- Kalashnikov Yu.N. 2017. The state of the Atlantic mackerel fishery in the North-Eastern Atlantic // Scientific works of Dalrybtvuz. Vladivostok. Vol. 41. P. 22–28. (In Russ).
- Kalashnikov Yu.N., Seliverstova E.I. 2020. Features of distribution and size-age composition of mackerel in the Norwegian Sea in the summer period 2008–2018. // Trudy VNIRO. Vol. 179. P. 37–59. doi: 10.36038/2307–3497–2020–179–37–59. (In Russ).
- Karsakov A.L., Borovkov V.A., Sentyabov E.V., Ivshin V.A., Balyakin G.G., Abolmasova Z.V. 2016. Oceanographic conditions in the seas of the North European Basin and the North Atlantic in 2014–2015 and their impact on the distribution of commercial fish // Trudy VNIRO. Vol. 164. P. 5–21. (In Russ).
- Klochkov D.N., Chinarina A.D. 2005. Biology and fishing of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus* Linnaeus, 1758) in the Norwegian Sea. Apatity: KNC Press. 67 pp. (In Russ).
- Kuznetsov I.D. 1909. Mackerel in the White Sea // Yearbook of the Zoological Museum. Vol. 13. P. 45. (In Russ).

- Marty Y.Y. 1980. Migrations of marine fish. M: Food industry. 248 pp. (In Russ).
- Nikolsky G.V. 1971. Private ichthyology. M.: Higher School. 473 pp. (In Russ).
- Pedchenko A.P., Borovkov V.A., Guzenko V.V., Karsakov A.L., Lobodenko S.E., Sentyabov E.V. 2005. Spatio-temporal changes in abiotic factors and their influence on the distribution of the main species of commercial fish of the Northern Basin in 2003–2004 // Problems of fisheries oceanology. Vol. 2. P. 101–125. (In Russ).
- Commercial fish of the Barents and White Seas. 1952. L.: VNIRO. PINRO. 238 pp. (In Russ).
- Sentyabov E.V., Bochkov Yu.A. 2001. Methodology for forecasting the appearance and distribution of mackerel and blue whiting in the fishing areas of the North-Eastern Atlantic and the Norwegian Sea. Murmansk: PINRO Press. 26 pp. (In Russ).
- Tambovtsev B.M. 1949. Common belona in the White Sea. M.: Fisheries. Vol. 4. P. 48. (In Russ).
- Tambs-Lyukhe H. 1956. Commercial fish of Norway. M.: USSR MRP Press. 158 pp. (In Russ).
- Trofimov A.G., Karsakov A.L., Ivshin V.A. 2018. Climate change in the Barents Sea over the past half century // Trudy VNIRO. Vol. 173. P. 79–91. doi: 10.36038/2307–3497–2018–173–79–91. (In Russ).
- Trofimov A.G. 2021. Current trends in oceanographic conditions of the Barents Sea // Trudy VNIRO. Vol. 186. No. 4. P. 101–118. doi: 10.36038/2307–3497–2021–186–101–118. (In Russ).
- Shamray E.A., Sentyabov E.V., Seliverstova E.I., Kalashnikov Yu.N. 2010. Russian mackerel fishing in the Norwegian Sea: history, modernity and prospects // Problems of fisheries. Vol. 11. No. 4 (44). P. 681–693. (In Russ).
- Schmidt P.Y. 1947. Migrations of fish. M.-L.: USSR Academy of Sciences Press. 362 pp. (In Russ)
- Jansen T. 2014. Pseudocollapse and rebuilding of North Sea mackerel (*Scomber scombrus*) // ICES Journal of Marine Science. 71(2). P. 299–307. doi:10.1093/icesjms/fst148.
- Lockwood S.J. 1988. The Mackerel. Its biology, assessment and the management of a fishery. Fishing News Books Ltd, Farnham, Surrey, England. 181 pp.
- Meek A. 1916. The migrations of fish. London. 427 pp.
- WMO. 2014. Commission for Climatology – Sixteenth session: Abridged final report with resolutions and recommendations. World Meteorological Organization. WMO-N° 1137. 68 pp.

Поступила в редакцию 27.05.2022 г.

Принята после рецензии 10.08.2022 г.



Промысловые виды и их биология

Влияние закисления воды на оогенез мозамбикской тиляпии

О.В. Зеленников

Санкт-Петербургский государственный университет (ФГБОУ ВО «СПбГУ»), Университетская наб., 7/9, Санкт-Петербург, 199034
E-mail: oleg_zelennikov@mail.ru

Идея и методика работы базируются на результатах экспериментов, проведённых ранее. **Цель работы:** Оказывая на рыб сублетальное кислотное воздействие до и после формирования у них генерации ооцитов периода превителлогенеза, повлиять на численность фонда половых клеток и проследить за долгосрочными последствиями этого влияния вплоть до полового созревания.

Материалом исследования послужила молодь мозамбикской тиляпии, которую получили от одной самки случайным образом разделив на контрольный и два подопытных варианта. Оказали на рыб в опытах сублетальное кислотное воздействие – pH 3,78–3,85 в возрасте 22–45 и 22–60 сут. от оплодотворения.

Используемые методы: Экспериментальное исследование развития яичников у самок тиляпии. При исследовании гонад проводили их гистофизиологическое исследование с количественным анализом фонда половых клеток всех состояний.

Результаты: У подопытных рыб наблюдали восстановление темпа роста, его ускорение в период и после окончания кислотного воздействия. На фоне восстановления темпа роста к моменту окончания кислотного воздействия у самок тиляпии произошло увеличение фонда ооцитов периода превителлогенеза. Увеличенная старшая генерация ооцитов сохранилась у подопытных рыб вплоть до полового созревания, что привело у них к достоверному увеличению абсолютной плодовитости при сохранении диаметра и массы ооцитов. Работа имеет выраженную фундаментальную направленность.

Её **практическая и теоретическая значимость** заключается в понимании закономерностей формирования фонда половых клеток в раннем возрасте как основы определения в онтогенезе величины абсолютной плодовитости.

Ключевые слова: мозамбикская тиляпия *Oreochromis mossambicus*, закисление воды, оогенез, ооциты, плодовитость.

Effect of water acidification on the oogenesis of tilapia *Oreochromis mossambicus*

Oleg V. Zelennikov

St. Petersburg State University («PSbSU»), University emb., 7/9, St. Petersburg, 199034, Russia

The idea and methodology of work are based on the results of experiments carried out earlier. **Purpose of work** by exposing fish to a sublethal acidic effect before and after the formation of the generation of previtellogenic oocytes in them, to influence the number of the fund of germ cells and to follow the long-term consequences of this effect up to puberty.

The material of the study was the juvenile *Oreochromis mossambicus*, which was obtained from one female, and randomly divided into control and two experimental variants, had a sublethal acid effect on the fish in the experiments – pH 3.78–3.85 at the age of 22–45 and 22–60 days from fertilization.

Methods used: Experimental study of ovarian development in female tilapia. In the study of the gonads, their histophysiological study was performed with a quantitative analysis of the fund of germ cells of all conditions.

Results. In the experimental fish, the recovery of the growth rate during the period and its acceleration after the end of the acid treatment were observed. Against the background of the restoration of the growth rate by the end of the acid exposure, tilapia females experienced an increase in the fund of oocytes during the previtellogenesis period. The increased older generation of oocytes was preserved in experimental fish until puberty, which led to a significant increase in their absolute fecundity, while maintaining the diameter and mass of oocytes. The work has a pronounced fundamental orientation.

Its practical and theoretical significance lies in understanding the patterns of formation of the fund of germ cells at an early age, as the basis for determining the magnitude of fecundity in ontogenesis.

Keywords: tilapia *Oreochromis mossambicus*, water acidification, oogenesis, oocytes, fertility.

ВВЕДЕНИЕ

Мозамбикская тиляпия благодаря своей неприхотливости к условиям содержания, короткому периоду полового созревания при сравнительно крупных размерах и другим особенностям стала одним

из самых востребованных модельных объектов, в т. ч. и при изучении воспроизводительной системы у рыб. Её оогенез хорошо изучен как при интактном содержании в лабораторных условиях, так и при воздействии факторов различной природы [Kraft, Peters,

1963; Чистова, 1976¹; Чмилевский, Лаврова, 1990; Чмилевский, 2017]. Это обстоятельство является важным для нашей работы, поскольку её проведение предусматривало воздействие на рыб с определённым состоянием гонад.

В проведённых ранее исследованиях на молодую радужной форели [Zelennikov, 1997] и русского осетра [Zelennikov et al., 1999] было показано, что пребывание рыб в воде повышенной кислотности, когда в гонадах присутствовали только гонии и ооциты периода ранней профазы мейоза, стимулировало у них значительное увеличение числа половых клеток. Однако наблюдали это только до формирования в яичниках генерации ооцитов периода превителлогенеза. Как только у подопытных рыб происходило формирование фонда ооцитов этого периода, наблюдали ликвидацию не только избыточного числа половых клеток, но и части обычного репродуктивного фонда. При этом сокращение числа половых клеток у подопытных рыб не было компенсировано вплоть до их полового созревания, что приводило к сокращению величины абсолютной плодовитости [Зеленников, 2003].

Полученные ранее результаты определили направление дальнейшего исследования, ставшее целью данной работы, – оказывая на рыб сублетальное кислотное воздействие до и после формирования у них генерации ооцитов периода превителлогенеза влиять на численность фонда половых клеток и проследить за долгосрочными последствиями этого влияния вплоть до полового созревания.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Потомство одной самки мозамбикской тиляпии *Oreochromis mossambicus* Peters (1852) в возрасте 22 сут. случайным образом разделили на контрольный и подопытный варианты и разместили в непроточных аквариумах при постоянной аэрации. Контрольных рыб от вылупления до полового созревания содержали при pH 7,7–8,0. Подопытных рыб без предварительной акклимации поместили в воду пониженной кислотности и при pH 3,78–3,85 содержали одну их часть в возрасте от 22 до 45 сут. (опыт 1), а другую – в возрасте от 22 до 60 сут. (опыт 2). Возраст начала и окончания кислотного воздействия определили, руководствуясь имеющимися в литературе данными [Чмилевский, Лаврова, 1990; Зеленников, 1993; Чмилевский, 1995]. После окончания периода кислотного воздействия подопытных рыб переводили в воду

с таким же pH, при котором содержали рыб контрольного варианта. Затем контрольных и подопытных рыб вырастили до полового созревания. Рыб на протяжении кислотного воздействия кормили замороженным мотылём 5–6 раз в день до насыщения, а после окончания воздействия – гранулированным кормом производства «BioMar» (Дания). Сменную воду готовили заранее, доводя в ней pH до нужного значения, и уже готовую наливали в аквариумы с подопытными рыбами. Для подкисления воды использовали концентрированную серную кислоту. Воду в аквариумах один раз в день, после первого утреннего кормления, заменяли на 90–95%. После окончания кислотного воздействия рыб каждого варианта содержали в отдельных аквариумах, объединённых в общую систему с оборотным водоснабжением. После того, как в возрасте 171 сут. достигли полового созревания и отнерестились две первые особи (одна в контроле, вторая в опыте 2) эксперимент завершили, а яичники всех самок зафиксировали, руководствуясь при этом следующими соображениями. Во-первых, предполагали, что все имеющиеся самки были близки к половому созреванию, а величину абсолютной плодовитости удобнее всего определить в гонадах, находящихся в преднерестовом состоянии. Во-вторых, после нереста самки инкубируют икру во рту, однако сам нерест у тиляпий это сложный поведенческий акт в значительной мере зависимый от наличия активных самцов.

Для исследования состояния гонад, рыб фиксировали в жидкости Буэна в возрасте 22, 40, 60 и 171 сут. После фиксации рыб взвешивали, измеряли от конца рыла до конца средних лучей хвостового плавника. Коэффициент зрелости определяли как отношение массы яичников к общей массе тела (%). Половые железы обрабатывали гистологически по общепринятой методике [Микодина и др., 2009]. Для каждой особи делали не менее 50 серийных срезов обеих гонад, которые окрашивали железным гематоксилином по Гейденгайну.

В возрасте 45 и 60 сут. проводили количественный анализ фонда половых клеток, в ходе которого на трёх поперечных срезах обеих гонад у каждой самки подсчитывали все половые клетки, измеряли площадь каждого из этих срезов, а также измеряли диаметр 10 наиболее крупных ооцитов, обнаруженных в обеих гонадах. У рыб в возрасте 171 сут. определяли число ооцитов старшей генерации, тотально подсчитывая их в навеске яичника, определяли диаметр и массу 30 ооцитов. За диаметр принимали полусумму длинного и короткого диаметров. В ходе статистического анализа для сравнения средних значений использовали критерии Стьюдента и Манна-Уитни.

¹ Чистова М.Н. 1976. Функциональные механизмы формирования плодовитости у тиляпии, *Tilapia mossambica* Peters. Дис. ...канд. биол. наук. Л.: ЛГУ.

РЕЗУЛЬТАТЫ

С учётом ранее полученных данных, предполагалось, что кислотное воздействие совпадёт с появлением ооцитов периода превителлогенеза и началом формирования их генерации. Действительно, в возрасте 45 сут. у всех как контрольных, так и подопытных самок присутствовали ооциты периода превителлогенеза (рис. 1 А). Однако у всех особей это были единичные клетки, а основу репродуктивного фонда по-прежнему составляли гонии и ооциты периода ранней профазы мейоза.

В возрасте 60 сут. состояние яичников у контрольных и подопытных самок тилляпии весьма существенно различалось. У одних особей на поперечных срезах можно было видеть лишь одиночные ооциты (рис. 1 Б) у других – более многочисленные (рис. 1 С). При этом какая-либо связь между числом ооцитов периода превителлогенеза и массой рыб не прослеживалась. Так, минимальное число клеток – в среднем 1,67 на срез – было выявлено у самой крупной контрольной особи массой 268 мг. У самок с наиболее многочисленными ооцитами периода превител-

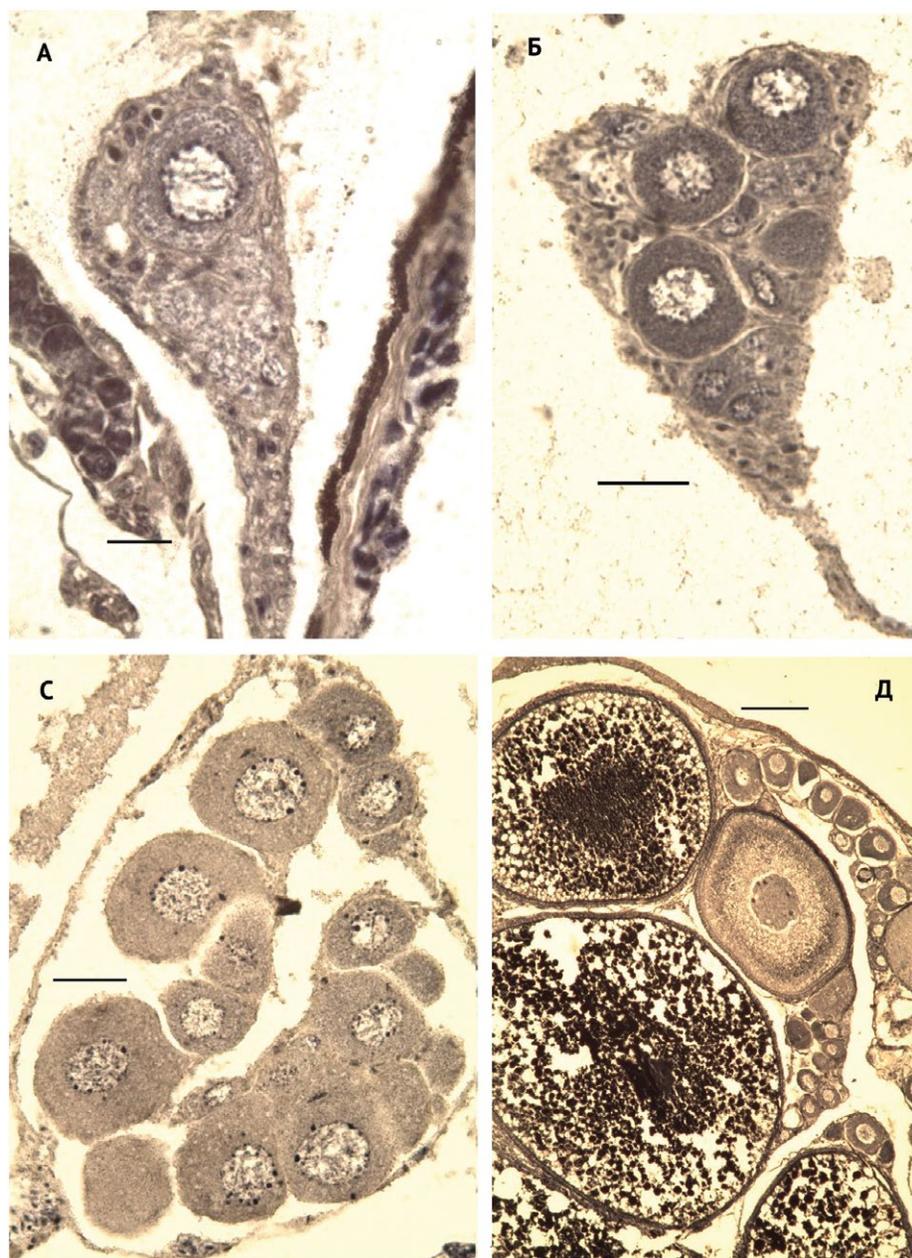


Рис. 1. Состояние ооцитов старшей генерации в яичниках у самок мозамбикской тилляпии в возрасте 45 (А), 60 (Б, С) и 171 сут (Д) (см. пояснения в тексте). Шкала А = 20; Б, С = 50; Д = 100 мкм

Fig. 1. The state of older generation oocytes in the ovaries of tilapia females aged 45 (A), 60 (B, C) and 171 days (E) (explanation in the text). Scale bar A = 20; B, C = 50; and D = 100 μ m

логенеза наблюдали их подразделение на несколько генераций.

Сравнивая рыб в контроле и опыте, в первую очередь, отметим, что масса последних была несколько меньше, чем масса самок в контроле, причём, в опыте 2 – достоверно. При этом как площадь гонад на поперечных срезах, так и число половых клеток во всех случаях у подопытных рыб оказались больше, чем у рыб в контроле, а число ооцитов периода превителлогенеза и их доля у рыб в варианте с более продолжительным воздействием – достоверно (табл. 1).

Диаметры ооцитов у контрольных и подопытных рыб были практически одинаковыми.

В возрасте 171 сут. масса подопытных самок в обоих вариантах была достоверно больше, чем масса самок в контроле (табл. 2). При этом сама масса рыб в период с 60 до 171 сут. в контроле увеличилась в 70, а в опытных вариантах в 113 и 144 раза.

Состояние яичников у самок контрольного варианта существенно различалось и не зависело от длины и массы рыб. Если масса самок варьировала от 9,5 до 17,8 г, то масса гонад – от 80,0 до 681,2 мг (табл. 2). Это было связано с присущей тилапии асинхронностью полового созревания. Несмотря на то, что ооциты старшей генерации у всех самок были в периоде вителлогенеза (рис. 1Д), их размеры существен-

[Ивойлов, 1986²]. При удовлетворительных условиях содержания, достигнув половой зрелости, они нерестятся через каждые 30–40 сут. В результате, в их гонадах можно видеть ооциты разных генераций, в т. ч. и ооциты периода вителлогенеза. Это обстоятельство



Рис. 2. Внешний вид яичников у самок мозамбикской тилапии в возрасте 171 сут.

Fig. 2. Appearance of the ovaries in female tilapia at the age of 171 days

Таблица 1. Состояние яичников у мозамбикской тилапии в возрасте 60 сут., подвергнутых кислотному воздействию в возрасте 22–45 сут. (опыт 1) и 22–60 сут. (опыт 2). Над чертой – среднее значение показателя и его ошибка, под чертой – диапазон варьирования показателя, третья строка – коэффициент вариации, %

Table 1. The state of the ovaries in *Oreochromis mossambicus* at the age of 60 days. exposed to acid at the age of 22–45 days (experiment 1) and 22–60 days (experiment 2). Above the line – the average and its error, below the line – the range of variation, the third line – the coefficient of variation, %

Вариант	Число рыб	Масса рыб, мг	Длина рыб L, мм	Площадь поперечных срезов гонад, мм ² ×10 ⁻³	Число на один поперечный срез яичников				Диаметр ооцитов, мкм
					Всех половых клеток	Гониев и ооцитов РГМ	Ооцитов периода ПВ, шт	Ооцитов периода ПВ, %	
Контроль	8	183,0±21,7	22,9±0,8	15,50±2,46	6,72±0,68	3,27±0,66	3,45±0,42	53,8±6,8	44,3±2,8
		84–268	19,0–26,0	7,31–24,33	3,67–9,83	1–6	1,67–5,67	23,9–75,0	22,1–58,3
		33,5	10,0	43,8	28,7	56,9	34,8	35,8	18,7
Опыт 1	11	164,4±13,6	21,9±0,5	15,62±3,25	8,07±1,00	3,57±0,52	4,48±0,81	54,8±5,7	46,6±4,7
		105–282	19,5–26,0	6,35–44,12	3,17–13,33	0,83–6,33	0,67–10,00	11,2–75,0	21,2–63,2
		27,5	7,8	68,1	41,0	48,7	59,8	34,6	23,9
Опыт 2	6	126,4±22,1*	19,8±1,1	25,53±7,72	9,57±2,14*	2,27±0,55	7,30±1,82*	75,1±5,0*	48,2±3,7
		77–200	17,5–23,5	13,32–55,47	4,00–16,5	0,67–3,50	3,33–13,00	61,8–87,0	24,1–62,2
		39,1	12,4	67,6	49,9	54,7	55,6	15,0	23,0

* – Различия с контролем достоверны (p<0,05)

* – Differences with control are significant (p<0,05)

но различались, а сами гонады находились в III, IV и V стадиях зрелости. Как известно, самки мозамбикской тилапии являются постоянно нерестящимися рыбами

² Ивойлов А.А. 1986. Модельные группировки тилапий и анализ их размножения в связи с проблемой полициклического выращивания в установках с замкнутым циклом водоснабжения. Дисс. ... канд. биол. наук. Л. ЛГУ. 160 с.

Таблица 2. Состояние яичников у мозамбикской тилляпии в возрасте 171 сут., подвергнутых кислотному воздействию в возрасте 22–45 сут. (опыт 1) и 22–60 сут. (опыт 2). Над чертой – среднее значение показателя и его ошибка, под чертой – диапазон варьирования показателя, третья строка – коэффициент вариации, %

Table 2. The state of the ovaries in *Oreochromis mossambicus* at the age of 171 days, exposed to acid at the age of 22–45 days (experiment 1) and 22–60 days (experiment 2). Above the line – the average and its error, below the line – the range of variation, the third line – the coefficient of variation, %

Вариант	Число рыб	Масса рыб, г	Длина рыб L, мм	Масса гонад, мг	Коэффициент зрелости, %	Число ооцитов в навеске 30 мг	Диаметр ооцитов, мм	Число ооцитов старшей генерации
Контроль	13	12,9±0,6	91,7±1,4	408,5±47,7	3,08±0,30	18,0±6,04	1,51±0,10	153,3±10,5
		9,5–17,3	84–102	80,0–681,2	0,57–4,21	8,3–88,6	0,75–1,89	96,6–226,1
		17,8	5,6	42,1	35,4	120,6	23,3	24,6
Опыт 1	11	18,6±0,3*	102,7±0,4*	474,3±64,3	2,55±0,34	27,2±7,6	1,31±0,12	274,2±29,8*
		17,2–20,1	100–104	156,5–791,6	0,78–4,23	8,2–70,0	0,71–1,79	116,9–470,4
		4,7	1,2	45,3	44,7	92,4	29,4	36,1
Опыт 2	13	18,3±2,9*	101,6±1,5*	596,6±54,0	3,24±0,23	17,6±6,2	1,53±0,09	247,5±35,2*
		13,3–22,3	91–107	210,3–816,9	1,09–4,21	5,8–84,6	0,69–1,93	113,1–550,2
		15,6	5,0	31,2	24,3	121,8	21,1	50,1

* – Различия с контролем достоверны (p<0,05)

* – Differences with control are significant (p<0,05)

несколько затрудняет определение численности старшей генерации. Но поскольку сами гонады после фиксации приобретают значительную твёрдость, то ооциты, в основном, крупнее миллиметра (рис. 2) доступны для визуального подсчёта.

Яичники у подопытных самок также находились в III, IV и V стадиях зрелости. У более крупных подопытных рыб в среднем были крупнее яичники и достоверно большее число ооцитов старшей генерации. При этом коэффициент зрелости и размеры ооцитов у контрольных и подопытных рыб оказались сходными (табл. 2).

Поскольку самки в контроле и в каждом из опытов существенно различались по уровню зрелости, мы разделили контрольных и подопытных рыб обоих вариантов на 4 группы. Первую группу составили самки с коэффициентом зрелости ≤2%, вторую – ≤3%, третью – ≤4% и четвертую – >4%. Таким образом, первые группы контрольных и подопытных рыб составили самки, наиболее далёкие от полового созревания, а четвертые группы – особи, наиболее близкие к созреванию и нересту. Все данные для контрольных рыб приняты за 100%. Данные для подопытных рыб, а также значения статистических ошибок были пересчитаны в процентах относительно контрольных рыб. Можно видеть, что масса подопытных самок в каждой из групп зрелости была больше, чем в контроле. Соответственно массе тела у подопытных рыб во всех вариантах была больше и масса гонад. Следующие же три показателя – коэффициент зрелости, число ооцитов в навеске 30 мг

и диаметр одного ооцита у контрольных и подопытных особей были сходными (рис. 3). На этом фоне особенно наглядно видно, что у подопытных рыб в обоих вариантах и во всех исследованных группах больше число ооцитов старшей генерации (табл. 2).

Таким образом, увеличение числа ооцитов периода превителлогенеза у подопытных рыб в момент окончания кислотного воздействия привело к увеличению у них величины абсолютной плодовитости.

ОБСУЖДЕНИЕ

Как и предполагалось, с учётом ранее полученных и известных в литературе данных [Tam et al., 1986; Зеленников, 1993], восстановление темпа роста у подопытных рыб произошло уже в период кислотного воздействия, а после его прекращения наблюдали ускорение темпа роста у рыб в обоих экспериментах. В результате к периоду полового созревания длина и масса подопытных тилляпий в среднем были достоверно больше, чем у контрольных.

В возрасте 45 сут. у всех самок присутствовали единичные ооциты периода превителлогенеза. Судя по числу этих клеток, можно полагать, что как у контрольных, так и у подопытных особей период превителлогенного роста ооцитов только начался. Ожидали [Чмилевский, 1995], что к возрасту 60 сут. у самок завершится формирование старшей генерации ооцитов периода превителлогенеза. Однако если это и произошло, то только у отдельных особей.

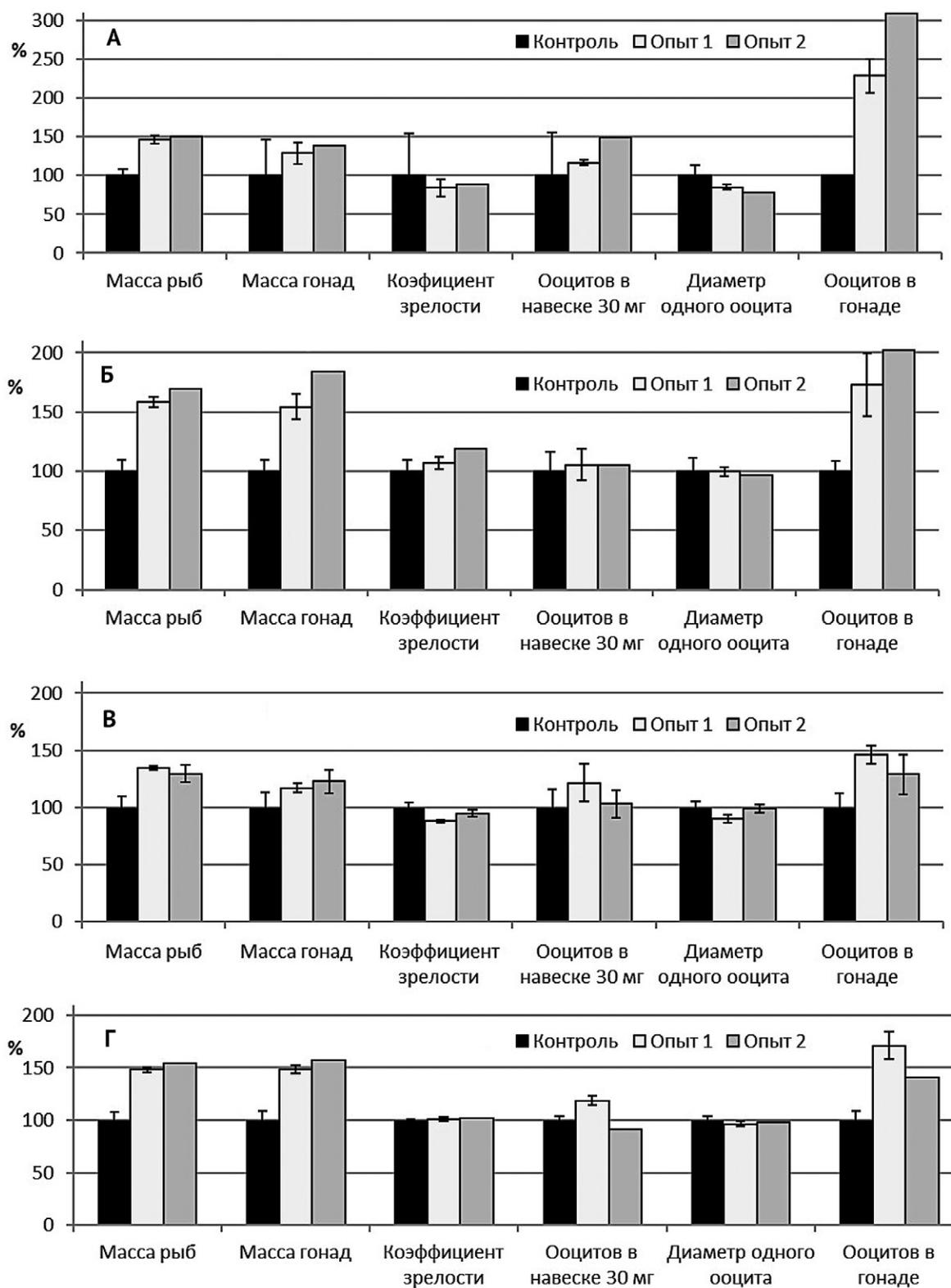


Рис. 3. Состояние яичников у самок мозамбикской тилапии в возрасте 171 сут. с коэффициентом зрелости до 2 (А), до 3 (Б), до 4 (С) и свыше 4% (Д) (пояснение в тексте)

Fig. 3. The ovaries condition about tilapia females at the age of 171 days with a maturity coefficient of up to 2 (A), up to 3 (B), up to 4 (C) and over 4% (D) (explanation in the text)

У большинства же рыб, судя по числу клеток на срезах и микроанатомической структуре гонад, формирование старшей генерации ещё продолжалось. Таким образом, оба периода кислотного воздействия прошли до формирования у рыб той генерации ооцитов, которые достигали дефинитивного размера при первом половом созревании.

Сравнивая результаты кислотного воздействия на молодь тилапии с результатами, полученными ранее, мы можем видеть их принципиальное сходство и не менее принципиальное различие. Сходство заключается в том, что во всех случаях кислотное воздействие на молодь явно стимулировало формирование фонда ооцитов у самок. Различия же проявились в отдалённых последствиях экспериментального воздействия. Если у молодёи форели наблюдали сокращение числа ооцитов к моменту окончания воздействия и как следствие этого сокращение величины абсолютной плодовитости при половом созревании [Зеленников, 2003], то у молодёи тилапии отметили увеличение числа ооцитов в момент окончания кислотного воздействия и, как следствие, увеличение плодовитости. Анализируя причину этих различий, мы видим, что у молодёи форели значительный период воздействия на рыб прошёл уже после того, как у самок сформировалась старшая генерация ооцитов периода превителлогенеза, а у самок тилапии формирование фонда ооцитов этого периода ещё не завершилось.

О разной динамике развития фонда половых клеток после воздействия на рыб с исходно различным состоянием гонад сообщали и ранее, не указывая, впрочем, на особую функцию начала превителлогенеза ооцитов [Чмилевский, 2017]. В свою очередь, мы, исследуя молодёи тихоокеанских лососей всех видов в природной среде на рыболовных заводах и при проведении лабораторных экспериментов, выявили у них значительное перепроизводство половых клеток на начальных этапах развития — гониев и мейоцитов. Эти клетки в массе присутствовали и после того, как в яичниках завершалось формирование присущей моноциклическим лососевым единственной генерации ооцитов периода превителлогенеза [Зеленников, 2019; 2021]. Старшую функциональную генерацию ооцитов они не пополняли и подвергались тотальной резорбции преимущественно после вступления в период начала превителлогенеза. Аналогичное перепроизводство половых клеток у полициклических рыб оказалось столь же выраженным, только выявить его удалось, оказав на них внешнее сублетальное воздействие.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По совокупности полученных данных мы можем заключить, что сублетальное кислотное воздействие оказало не столько негативное, сколько стимулирующее влияние на рост и развитие яичников у молодёи тилапии, что, несомненно, является ярким проявлением сформулированной ранее концепции надёжности функционирования репродуктивной системы у рыб [Персов, 1972]. Уже в период воздействия у подопытных рыб восстановился темп роста, а после окончания воздействия увеличение массы тела у них осуществлялось ускоренным темпом. У подопытных самок к моменту окончания кислотного воздействия произошло увеличение фонда ооцитов периода превителлогенеза. При этом избыточное число ооцитов у них сохранилось вплоть до полового созревания, в результате чего наблюдали достоверное увеличение абсолютной плодовитости при сохранении диаметра и массы ооцитов.

Благодарности

Автор благодарит своих коллег по лаборатории экспериментальной лаборатории СПбГУ за помощь в содержании рыб: А.А. Ивойлова, И.Б. Цветкова, Н.В. Пименову.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

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

Финансирование

Работа не имела дополнительного спонсорского финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Зеленников О.В. 1993. О росте рыб и развитии их репродуктивной системы в условиях кислотной среды // Вестник СПбГУ. Сер. 3. Вып. 2. С. 40–45.
- Зеленников О.В. 2003. Влияние закисления воды на гаметогенез радужной форели *Parasalmo mykiss* // Вопросы ихтиологии. Т. 43. № 3. С. 388–401.
- Зеленников О.В. 2019. Гаметогенез тихоокеанских лососей. 3. Сравнительный анализ состояния гонад у молодёи тихоокеанских лососей в связи с формированием плодовитости // Труды ЗИН. Т. 323. № 4. С. 429–441.

- Зеленников О.В. 2021. Влияние процессов раннего оогенеза на развитие воспроизводительной системы у рыб // Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М.: ВНИРО. 43 с.
- Микодина Е.В., Седова М.А., Чмилевский Д.А., Микулин А.Е., Пьянова С.В., Полуэктова О.Г. 2009. Гистология для ихтиологов. Опыт и советы. М.: Изд-во ВНИРО. 112 с.
- Персов Г.М. 1972. Надёжность функционирования воспроизводительной системы рыб // Вопросы ихтиологии. Т. 12. Вып. 2. С. 258–272.
- Чмилевский Д.А., Лаврова Т.В. 1990. Влияние пониженной температуры на оогенез тилапии *Oreochromis mossambicus* // Вопросы ихтиологии. Т. 30. Вып. 1. С. 76–84.
- Чмилевский Д.А. 1995. Влияние пониженной температуры на оогенез тилапии *Oreochromis mossambicus* Peters. 3. Воздействие на рыб в возрасте 30 и 60 суток после вылупления // Вопросы ихтиологии. Т. 35. № 2. С. 266–272.
- Чмилевский Д.А. 2017. Оогенез рыб в норме и при экстремальных воздействиях. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та. 156 с.
- Kraft A.V., Peters H.M. 1963. Vergleichende studien uber die oogenese in der gattung tilapia (Cichlidae, Teleostei) // Zeitschrift fur Zellforschung. V. 220. № 61. P. 434–485.
- Tam W.H., Payson P.D., Roy R.J.J. 1986. Retardation and recovery of growth in brook trout try (*Salvelinus fontinalis*) exposed for various durations to acidified water // Canadian J. of Fisheries and Aquatic Science. V. 43. № 10. P. 2048–2050.
- Zelennikov O.V. 1997. The effect of acidification on the oogenesis of rainbow trout during sex differentiation // J. of Fish Biology. V. 50. P. 18–21.
- Zelennikov O.V., Mosyagina M.V., Fedorov K.E. 1999. Oogenesis inhibition, plasma steroid levels, and morphometric changes in the hypophysis in Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedti Brandt*) exposed to low environmental pH // Aquatic Toxicology. V. 46. № 1. P. 33–42.
- Zelennikov O.V. 2019. Gametogenesis of Pacific salmon. 3. Comparative analysis of the state of the gonads in juvenile Pacific salmon in connection with the formation of fertility // Trudy ZIN. V. 323. № 4. P. 429–441.
- Zelennikov O.V. 2021. Influence of early oogenesis processes on the development of the reproductive system in fish. Avtoref. dis. ... dokt. biol. nauk. M.: VNIRO. 43 s.
- Mikodina E.B., Sedova M.A., Chmilevskij D.A., Mikulin A.E., P'yanova S.V., Poluektova O.G. 2009. Histology for ichthyologists. Experience and Advice. M.: VNIRO. 112 pp.
- Chmilevskij D.A., Lavrova T.B. 1990. Effect of low temperature on tilapia oogenesis *Oreochromis mossambicus* // Voprosy ikhtiologii. V. 30. № 1. P. 76–84.
- Chmilevskij D.A. 1995. Effect of low temperature on the oogenesis of tilapia *Oreochromis mossambicus* Peters. 3. Exposure to fish at the age of 30 and 60 days after hatching // Voprosy ikhtiologii. V. 35. № 2. P. 266–272.
- Chmilevskij D.A. 2017. Fish oogenesis in normal conditions and under extreme impacts. St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg. university 156 p.
- Persov G.M. 1972. Reliability of the functioning of the reproductive system of fish // Voprosy ikhtiologii. V. 12. № 2. P. 258–272.
- Kraft A.V., Peters H.M. 1963. Vergleichende studien uber die oogenese in der gattung tilapia (Cichlidae, Teleostei) // Zeitschrift fur Zellforschung. V. 220. № 61. P. 434–485.
- Tam W.H., Payson P.D., Roy R.J.J. 1986. Retardation and recovery of growth in brook trout try (*Salvelinus fontinalis*) exposed for various durations to acidified water // Canadian J. of Fisheries and Aquatic Science. V. 43. № 10. P. 2048–2050.
- Zelennikov O.V. 1997. The effect of acidification on the oogenesis of rainbow trout during sex differentiation // J. of Fish Biology. V. 50. P. 18–21.
- Zelennikov O.V., Mosyagina M.V., Fedorov K.E. 1999. Oogenesis inhibition, plasma steroid levels, and morphometric changes in the hypophysis in Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedti Brandt*) exposed to low environmental pH // Aquatic Toxicology. V. 46. № 1. P. 33–42.

REFERENCES

- Zelennikov O.V. 1993. On the growth of fish and the development of their reproductive system in an acidic environment // Vestnik of St. Petersburg State University. Ser. 3. № 2. P. 40–45.
- Zelennikov O.V. 2003. Effect of water acidification on gametogenesis of rainbow trout *Parasalmo mykiss* // Voprosy ikhtiologii. V. 43. № 3. P. 388–401.

Поступила в редакцию 08.06.2022 г.
Принята после рецензии 24.08.2022 г.



Промысловые виды и их биология

К разработке техники термического маркирования отолитов личинок камбалы-калкана

Е.Б. Фурсенко, И.В. Бурлаченко

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), проезд Окружной, 19, Москва, 105187
E-mail: veta-08@inbox.ru

Целью работы являлась оценка применимости метода термического маркирования отолитов для личинок и ранней молоди камбалы-калкана, полученных в промышленных условиях для пополнения природных популяций.

Используемые методы: для мечения в экспериментальных условиях трёх групп личинок разного возраста использовали минимум три последовательных цикла резкого снижения температуры воды в диапазоне 3,7–7,0 °С, с последующим выравниванием температуры до благоприятных для личинок значений. Для оценки эффективности проведённого маркирования проводили фиксацию личинок, затем извлекали отолиты (сагитты и лапиллюсы), шлифовали вручную на шлифовальных дисках Buehler и просматривали на тринокулярном микроскопе Leica DMLS для обнаружения последовательного ряда колец метки.

Новизна: термическое маркирование отолитов личинок камбалообразных рыб было проведено впервые.

Результат: показана возможность термического маркирования отолитов личинок и ранней молоди камбалы-калкана. Установлено, что наиболее чёткие метки на отолитах можно получить при мечении на завершающих стадиях метаморфоза (в возрасте 45–47 сут.), после перехода личинок к донному образу жизни. Оптимальный температурный градиент составляет 5–6 °С при продолжительности воздействия низкой температуры в течение 5 часов и проведении не менее трёх последовательных циклов маркирования.

Практическая значимость: результаты исследования могут быть использованы для массового маркирования молоди камбалы-калкана в целях определения вклада искусственного воспроизводства в пополнение природных популяций, а также при разработке методов маркирования рыб – объектов искусственного воспроизводства различной систематической принадлежности.

Ключевые слова: отолиты, камбала-калкан *Scophthalmus maeoticus*, мечение, маркирование, маркирование отолитов, искусственное воспроизводство.

To the development of the thermal marking technique of otoliths turbot larvae

Elizaveta B. Fursenko, Irina V. Burlachenko

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

The aim of the study was to determine the possibility of thermal marking of larvae and juvenile turbot otoliths used to identify factory juveniles produced to recruitment natural populations.

Methods used: three consecutive cycles of a sharp decrease in water temperature in the range of 3.7–7.0 °C were used and also recovering the water temperature to optimal for thermal marking under experimental conditions for three groups of different ages larvae. To assess the marking results, larvae were fixed, then otoliths (sagittae and lapilli) were extracted, ground manually on Buehler grinding discs and viewed on a Leica DMLS trinocular microscope.

Novelty: thermal marking of otoliths of flounder fish larvae was carried out for the first time.

Result: The possibility of thermal marking of larvae and early juveniles otoliths of turbot is shown. It was found that the best marks on otoliths can be obtained when marking at the final stages of metamorphosis (at the age of 45–47 days), after the settlement to a bottom. The optimal temperature gradient is 5–6 °C, with a duration of exposure to low temperature for 5 hours, an interval between marking cycles of 5 hours and the use of at least three consecutive marking cycles.

Practical significance: The results of the study can be used for mass marking of turbot in order to determine the contribution of artificially reproduced juveniles to the recruitment of natural populations, as well as in the development of methods for marking fish – objects of artificial reproduction of various systematic groups.

Keywords: otolith, turbot *Scophthalmus maeoticus*, marking, otolith marking, artificial reproduction.

ВВЕДЕНИЕ

Камбала-калкан (*Scophthalmus maeoticus* (Pallas, 1814)) – важный объект промысла в Азово-Черноморском бассейне. Запасы этого вида находятся на невысоком уровне и подвержены заметным межго-

довым колебаниям под действием неблагоприятных экологических факторов и пресса рыболовства [Попова, Кокос, 1973; Ханайченко, Гиригосов, 2021]. Негативно сказывается на численности вида и отсутствие единого подхода к оценке запасов странами Черно-

морского региона. Тенденций к росту и стабилизации запасов камбалы-калкана не наблюдается [Куманцов, 2013].

Поэтому сохранение и преумножение численности вида остаются актуальными задачами, в том числе с использованием искусственного воспроизводства. Мероприятия по искусственному воспроизводству, помимо непосредственного выпуска молоди в природную среду обитания, требуют также наличия объективной оценки их результативности. В этом аспекте несомненный интерес представляет выбор надёжных методов и проведение мечения выпускаемой молоди. При этом выбранный метод должен быть прост в применении и подходить для массового использования, т. к. при искусственном воспроизводстве количество одновременно выпускаемой молоди может составлять от десятков тысяч до нескольких миллионов особей.

Варианты мечения взрослых особей или крупной молоди представителей отряда камбалообразных (Pleuronectiformes) весьма разнообразны. Применяются как механические метки, закрепляемые на поверхности тела, так и вживляемые, например, под кожу [Bergstad, Folkvord, 1997; Oesau et al., 2013]. Однако эти способы в силу размеров индивидуальных меток и необходимости манипуляций непосредственно с каждой рыбой не подходят для массового мечения личинок или ранней молоди, массой менее 1 г. Для маркирования камбал на ранних стадиях развития с успехом применяли красители. Например, имеются сведения о маркировании икры и двухдневных личинок тюрбо (*Scophthalmus maximus* (L., 1758)) ализарин-комплексом. Ализариновые красители также с успехом применяли для мечения молоди камбалы, выдерживая её 24 ч в растворе [Liu et al., 2009] или вводя красители в корм [Isshiki, Katayama, 2007].

Следует отметить, что исследования, посвящённые мечению молоди рыб природными или синтетическими красителями, зачастую не ставят задачи изучения длительности сохранности меток, поэтому обычно сроки проверки меток не превышают нескольких месяцев после мечения [The use of ..., 2009; Iglesias, Rodriguez-Ojea, 1997; Yang et al., 2016]. Таким образом, нет уверенности в обнаружении метки спустя несколько лет после маркирования. Также важным ограничивающим фактором использования красителей является возможность их естественного выведения из отолитов, уменьшение чёткости таких меток со временем [Bashey, 2004; Campanella et al., 2013] и сложность считывания метки с увеличением возраста рыб [Iglesias, Rodriguez-Ojea, 1997].

Известно, что длительное время (несколько лет) сохраняются метки на отолитах тихоокеанских лососей, маркирование которых проводят в условиях рыбободных заводов в процессе инкубации икры путём осушения или изменения температуры. Метки, полученные в результате этой процедуры, с успехом используются для определения промыслового возврата тихоокеанских лососей [Акиничева, 2006]. Этот способ позволяет пометить большое число особей на самых ранних этапах развития, при этом он не травматичен, технически прост и не требует существенных затрат.

Перечисленные обстоятельства и положительный опыт использования нами метода термического маркирования для личинок щуки, также являющейся объектом искусственного воспроизводства [Фурсенко, 2021] и имеющей, в отличие от лососей, короткий период эмбрионального развития, явились основанием для оценки возможности его применения для камбалы-калкана. В задачи исследования входило определение возраста личинок для проведения мечения, величины градиента температурного воздействия и количества циклов мечения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Экспериментальные работы были выполнены в 2020–2021 годах в условиях научно-экспериментальной базы «Заветное» Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО». Личинки для экспериментов были получены от производителей из природных популяций, отловленных в море в период нерестового хода. В разных вариантах опытов использовали личинок в возрасте от 11 до 47 сут. За несколько суток до начала маркирования личинок камбалы-калкана размещали в двух одинаковых аэрируемых бассейнах, объёмом 400 или 600 л каждый, формируя экспериментальные и контрольные группы. В бассейнах с контрольными группами температура воды менялась незначительно в соответствии с суточными колебаниями. В бассейнах с экспериментальными группами в процессе маркирования температуру воды меняли по запланированной схеме, чередуя охлаждение и нагрев. Продолжительность температурного воздействия во всех экспериментах составляла 5 часов, как и интервал между циклами охлаждения. Требуемую температуру поддерживали при помощи холодильников Hailea-HC-2200BN и Hailea-HC-1000BN. Солёность воды в бассейнах во всех сериях опыта составляла 17–19‰.

Все личинки получали корм на протяжении экспериментов и после них. Кормление осуществляли 1–2 раза в сутки, внося смесь живых кормов (зоопланктон, науплии артемии) *ad libitum*. В целях предотвращения

влияния освещения на формирование меток световой режим был постоянным (24 ч). В течение светового дня бассейны находились в условиях естественного освещения, в тёмное время суток они были освещены электрическими лампами. Серии выполненных экспериментов различались по возрасту личинок, температуре содержания и маркирования, количеству циклов мечения. Условия выполнения опытов в ряде случаев корректировали на основании промежуточных результатов, полученных в предыдущих сериях.

На следующие сутки после завершения маркирования личинок в количестве 5–10 экз. отбирали и фиксировали для установления факта образования меток. Далее личинок фиксировали через 7–125 сут. после завершения маркирования. Всех отобранных личинок измеряли, фотографировали и фиксировали в 96%-ном этаноле. Отолиты извлекали, очищали и фиксировали на предметном стекле термопластическим цементом TriPod Wax. Шлифовку проводили вручную, на шлифовальных дисках Buehler различной абразивности. Подготовку и анализ препаратов проводили с помощью бинокулярного микроскопа Olympus SZX-12 и тринокулярного микроскопа Leica DMLS, оборудованного камерой для микроскопов Leica DC 100. Препараты отолитов просматривали и фотографировали при увеличении 200, 400 и 1000. Обработку фотографий проводили в программе Microsoft Power Point. Для статистической обработки данных использовали программу Microsoft Excel, достоверность различий между группами рассчитывали с помощью критерия Стьюдента. О результатах мечения судили на основании визуальной оценки образующихся при температурном воздействии изменений микроструктуры отолитов. Всего было обработано около 430 отолитов (от 85 – для первой серии опытов до 180 – для третьей).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Кольцевая микроструктура отолита формируется т. н. суточными кольцами прироста, каждое из которых состоит из двух зон. Одна зона богата кальцием и в проходящем свете выглядит светлым широким кольцом, её называют непосредственно зоной прироста (incremental, L-zones), а тёмную более узкую, богатую органическими составляющими, – прерывистой или разделяющей (discontinuous, D-zones) [Edeyer et al., 2000]. Мечение отолитов основано на целенаправленном изменении микроструктуры отолита (под действием, например, температуры) для дальнейшего выявления такой метки. Для определения оптимальных условий мечения (возраст личинок или молодёжь, величина и значение температурного градиента, дли-

тельность температурного воздействия) был проведён предварительный анализ данных об особенностях биологии и микроструктуры отолитов камбалообразных рыб.

В частности, известно, что серьёзные перестройки организма рыб, такие как переход к экзогенному питанию, существенные изменения рациона или биотических условий жизни (солёности, температуры воды, освещённости) приводят к изменению рисунка на отолитах рыб и появлению колец более ярких, чем суточные (например кольца пигментации глаз и выклева) [Walker, McCormick, 2004; Wang, Eckmann, 1992; Eckmann, Rey, 1987; Victor, 1982]. В этой связи при разработке схем маркирования личинок камбалы-калкана мы учли необходимость обеспечения чёткой дифференцировки формируемых меток на фоне кольцевой микроструктуры отолитов. Поэтому температурное воздействие применяли от трёх до пяти раз через равные промежутки времени. Кроме того, из схемы маркирования были исключены этапы начала кормления (3–4-е сутки), смены кормовых объектов – переход от кормления коловратками к использованию науплиев артемии (7–9-е сутки), начала метаморфоза (14–17-е сутки), начала завершения метаморфоза и перехода к донному образу жизни (28–35-е сутки). Следует также отметить, что по данным О.Н. Масловой [2013] для этих же периодов характерны и основные пики смертности личинок, т. е. любое дополнительное воздействие в подобные критические периоды могло спровоцировать дополнительную гибель.

При выборе градиента температурного воздействия мы исходили из того, что перепад температуры при маркировании должен быть достаточным, чтобы оставить яркие отметки на отолитах, и при этом не выходить за пределы естественной термотолерантности объекта, а также не приводить к повышенной смертности. Принимая во внимание тот факт, что колебания оптимальных значений температуры для разных стадий развития личинок камбалы-калкана составляет 4–6 °С [Маслова, 2013; Ханайченко, Гиригосов, 2021], температурный градиент для термомечения был определён в диапазоне 4–7 °С. В обобщённом виде возраст личинок, выбранный для мечения, и условия температурного воздействия, представлены в таблице.

Маркирование в возрасте 11 сут. В первой серии опытов маркирование личинок, перешедших на активное питание, проводили в возрасте 11 сут. За трое суток до начала мечения личинки были акклиматизированы к условиям опыта – пересажены в экспериментальные аэрируемые бассейны объёмом 0,4 м³. В каждый бассейн поместили по 300 личинок.

Таблица. Основные параметры термического маркирования камбалы-калкана

Table. The main parameters of thermal marking experiments of turbot

Серия опыта №	Возраст мечения, сут.	Градиент, °С	Количество циклов мечения	Продолжительность воздействия, ч
1	11	4,6–5,0	3	5
2	22	3,7–5,7	5	5
3	43–47	5,0–7,0	4	5

При проведении маркирования температура воды в контрольном бассейне колебалась в пределах 13,8–15,8 °С. В экспериментальном бассейне процесс охлаждения воды занимал около 60 минут, а нагрева – около 30. Были проведены три цикла температурного воздействия по 5 часов каждое (включая время охлаждения). Температурные кривые в экспериментальном и контрольном бассейнах приведены на рис. 1.

Картина, полученная по результатам опыта, свидетельствовала о том, что для личинок возраста 11 сут. пересадка в экспериментальные бассейны явилась сильным стрессовым фактором. Личинки после пересадки перестали питаться, питание не возобновилось и во время и после маркирования. По этим причинам выживаемость личинок после завершения мечения составила 5% в экспериментальной группе и около 8% – в контрольной. Кроме того, выжившие личинки были значительно ослаблены.

После завершения маркирования общая длина личинок контрольной группы значительно превышала длину личинок экспериментальной группы –

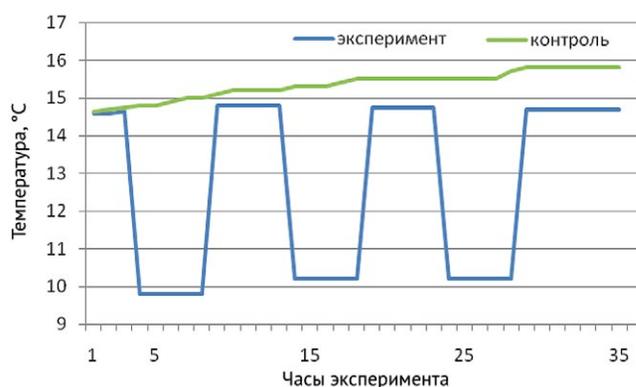


Рис. 1. Схема термического воздействия при маркировании личинок камбалы-калкана в возрасте 11–12 сут.

Fig. 1. The scheme of thermal influence during marking of turbot larvae at the age of about 11–12 days

$8,1 \pm 0,374$ и $6,4 \pm 0,375$ мм, соответственно. Разница в общей средней длине между группами была достоверна (уровень значимости 0,01). Это было обусловлено понижением температуры воды во время мечения в экспериментальном бассейне.

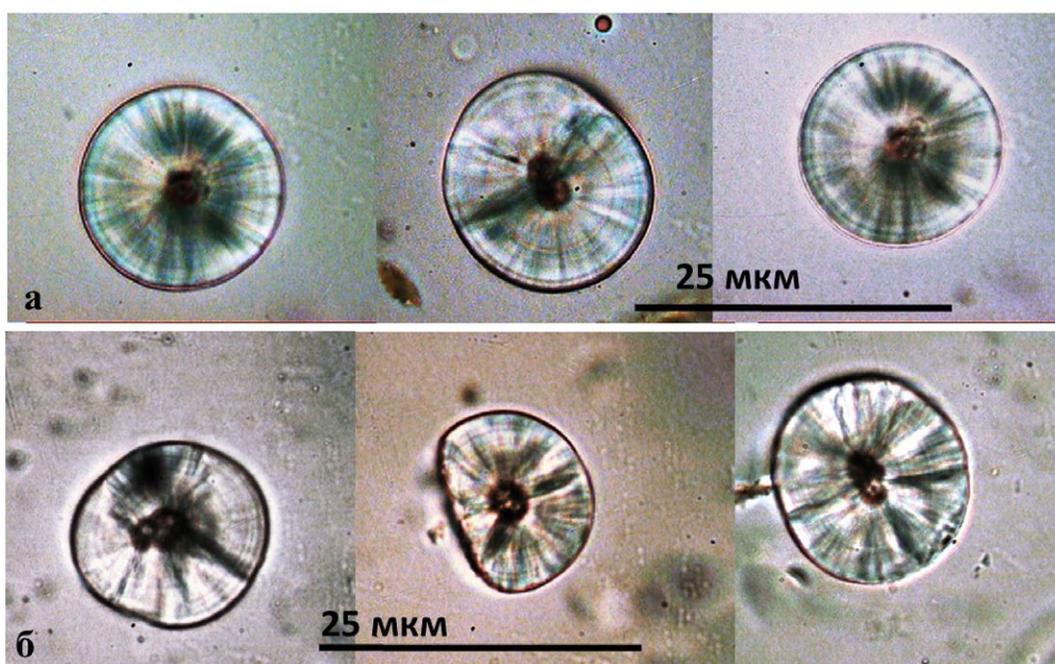


Рис. 2. Отолиты личинок, помеченных в возрасте 11 сут., 1000× а – эксперимент; б – контроль

Fig. 2. Otoliths of turbot marking at the age of about 11 days experimental group (a) and control group (b), 1000×

Анализ отоликов личинок из обоих бассейнов не выявил однозначных различий между группами. Сложность оценки была, вероятно, обусловлена малым размером отоликов и слабой видимостью микроструктуры. Её кольца были заметны только на максимальном увеличении в 1000 раз (рис. 2). При этом значительных отличий в характере микроструктуры отоликов личинок экспериментальной группы от личинок контрольной группы выявлено не было.

Ожидаемая серия из трёх сближенных колец, которая должна была сформироваться по периферии отоликов в результате температурного воздействия отсутствовала. Видимые на фотографиях яркие следы в микроструктуре отоликов, скорее всего, были сформированы в результате таких событий как начало внешнего питания и пересадка в экспериментальные бассейны, а не в результате маркирования. Свидетельством этого является тот факт, что сходные кольца сформировались на отоликах личинок обеих групп.

Таким образом, попытка маркирования личинок камбалы-калкана в возрасте 11 сут. была неудачной. Ключевыми отрицательными факторами здесь явились высокая чувствительность личинок к стрессовым воздействиям, связанным с пересадкой, изменением условий содержания и непосредственно самим термическим воздействием. Также очевидно, что работа с отоликами личинок этой возрастной группы была более продолжительной и трудоемкой.

Маркирование в возрасте 22 сут. Во второй серии опыта для маркирования использовали личинок в возрасте 22 сут. В два бассейна, объемом по 0,6 м³ каждый, было помещено по 60 личинок. В этом варианте мечения процесс охлаждения воды в экспериментальном бассейне занимал 60–90 мин., а нагрева – около 30. В отличие от первой серии опытов температура воды в бассейнах была подвержена более заметным суточным колебаниям. Это было связано с размещением бассейнов вне помещения, под навесом. Температура воды в бассейне с контрольной группой во время мечения составляла 18,2–19,8 °С. В связи с более высокой температурой воздуха процесс охлаждения воды в экспериментальном бассейне был более длительным. Для получения четкого ряда синхронных меток было увеличено количество циклов маркирования. В этой серии опыта использовали пятикратное температурное воздействие путём охлаждения воды в бассейне. Величина и продолжительность температурного воздействия на экспериментальный бассейн, а также температурная кривая в контрольном бассейне приведены на рис. 3.

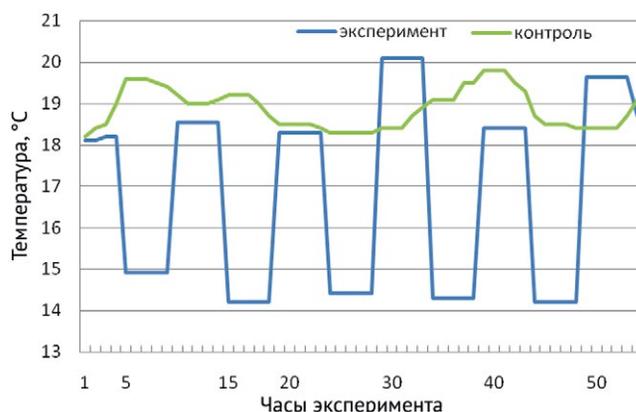


Рис. 3. Схема термического воздействия при маркировании личинок камбалы-калкана в возрасте 22 сут.

Fig. 3. The scheme of thermal influence during marking of turbot larvae at the age of about 22 days

Для предварительной оценки результатов опыта пробы личинок отобрали на следующий день после завершения маркирования (по 5 экз. из экспериментальной и контрольной групп). Выращивание оставшихся личинок было продолжено с целью наблюдения за сохранностью меток.

Как и в первой серии опыта, сразу после завершения маркирования, молодь экспериментальной группы несколько уступала по размерам молоди контрольной группы. Максимальная длина личинок в обеих группах составляла 15,0 мм, максимальная высота – 11,0 мм в контрольной группе, 9,6 мм в экспериментальной. Однако различия между группами не были достоверны из-за малых размеров выборок.

При изучении отоликов личинок камбалы-калкана, помеченных на 22 сут., меток обнаружено не было. Микроструктура их отоликов слабо отличалась от таковой у личинок контрольной группы. Такие результаты могут быть связаны с прекращением питания личинок сразу после пересадки, вызвавшей стресс у личинок как экспериментальной, так и контрольной групп. Известно, что при голодании яркость и ширина суточных колец может уменьшаться, такое явление отмечено для разных видов рыб [Сатрана, 1983]. Свидетельством этого могут быть также менее выраженные суточные кольца по краям отоликов. На фоне общей микроструктуры периферия выглядит чистой и светлой, свободной от ярких образований как в контрольной, так и в экспериментальной группах (рис. 4).

По мере роста молоди и соответственно отоликов в микроструктуре происходили изменения. Несмотря на то, что в той области, где должны располагаться метки на отоликах личинок (область отмечена линией) присутствуют более яркие кольца (рис. 5), их невозможно с полной уверенностью идентифицировать как

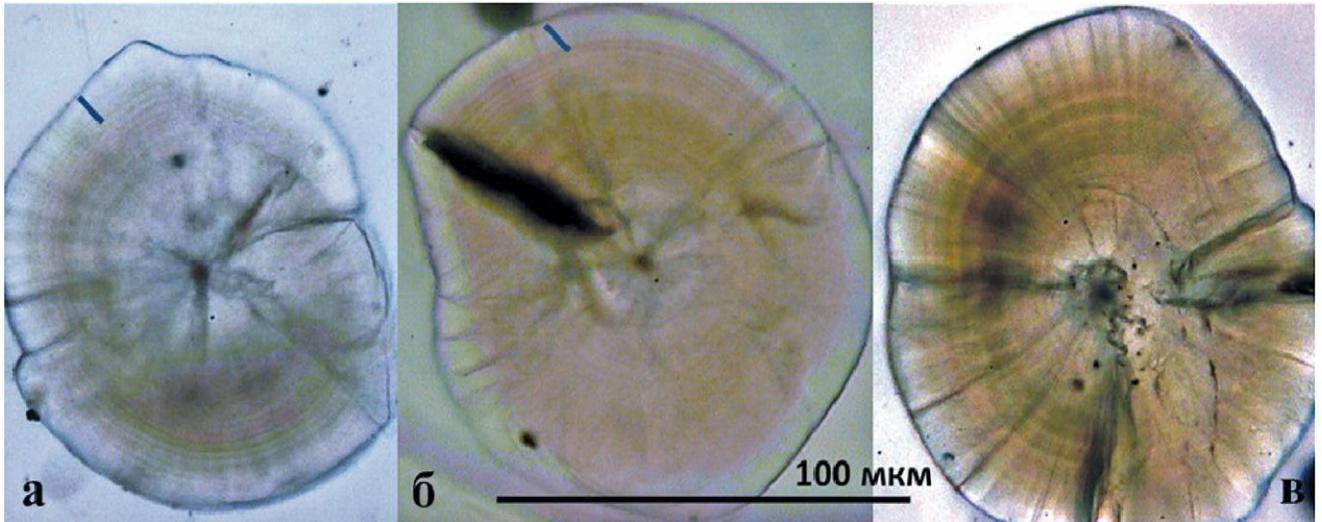


Рис. 4. Сагитты личинок, помеченных в возрасте 22 сут. (1 сут. после мечения), 400×: а, б – эксперимент; в – контроль; — — область нахождения метки

Fig. 4. Sagitta of larvae marking at the age of about 22 days (1 day after marking) experimental group (а) and control group (б), 400× (the area where the mark should be located indicated by the line)

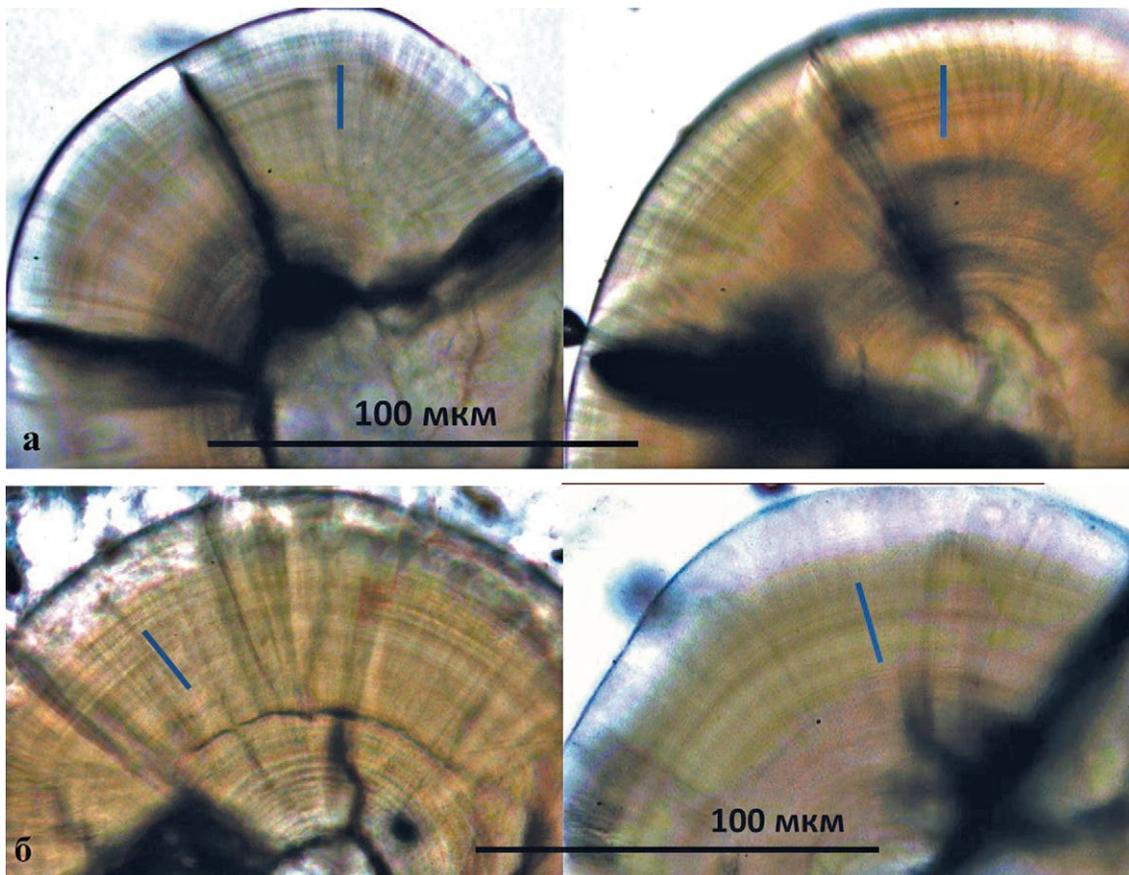


Рис. 5. Сагитты личинок, помеченных в возрасте 22 сут., 400×: а – эксперимент через 7 сут. после маркирования; б – контроль через 15 сут. после маркирования; — — область нахождения метки

Fig. 5. Sagitta of larvae marking at the age of about 22 days: experimental group 7 days after marking (а) and control group 15 days after marking (б), 400× (the area where the mark should be located indicated by the line)

результаты термического маркирования. Запланированной структуры из 5 ярких колец на отолитах молодежи экспериментальной группы обнаружено не было. При этом для идентификации метки были просмотрены отолиты от 21 особи из экспериментальной группы. Возможно, не все циклы мечения оставили следы на общей кольцевой структуре отолитов.

Причины отсутствия чётко выраженной метки на отолитах молодежи экспериментальной группы могут быть связаны со стрессом при пересадке и, как следствие, временным прекращением питания личинок. Это в большей степени, чем температурное воздействие, могло сказаться на микроструктуре отолитов, следовательно, и влиять на процесс формирования метки. Возможно также, размещение бассейнов вне помещения и заметные суточные колебания температуры воды и воздуха нивелировали использованный нами температурный градиент (около 4 °С).

Маркирование в возрасте 43–47 сут. В третьей серии опыта маркировали личинок на завершающих стадиях метаморфоза. Использовали бассейны объёмом по 0,4 м³. В каждый бассейн было помещено по 45 экземпляров. Температура воды в бассейне с контрольной группой на протяжении эксперимента составляла 21,5–22,0 °С. Процесс охлаждения занимал около 55 мин, а нагрева – около 20. Метили экспериментальную группу путём охлаждения воды в бассейне 4 раза, схема мечения приведена на рис. 6.

Для предварительной оценки результатов мечения пробы отобрали через 5 сут. после завершения маркирования по 5 экз. из экспериментальной и контрольной групп. Выращивание оставшейся молодежи было продолжено с целью наблюдения за сохран-

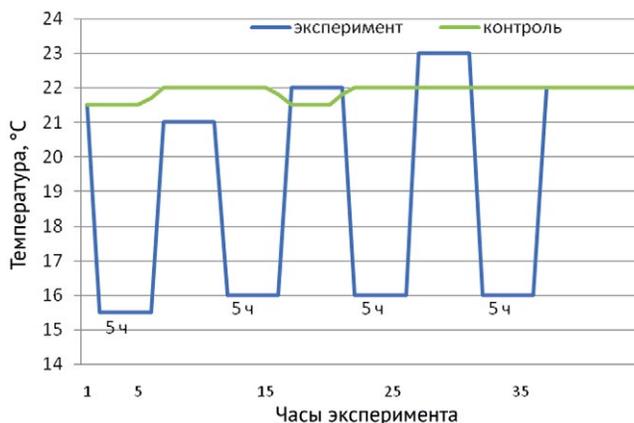


Рис. 6. Схема термического воздействия при маркировании личинок камбалы-калкана в возрасте около 45 сут.

Fig. 6. The scheme of thermal influence during marking of turbot larvae at the age of about 45 days

ностью меток. Для этого каждые 20 сут. отбирали по 5 экз. из группы.

На отолитах всех рыб из экспериментальной группы, просмотренных через 5, 25, 45 и 125 сут. после маркирования были обнаружены полосы меток запланированной структуры. Наиболее чётко эти следы температурного воздействия прослеживались на сагиттах. Метка визуализировалась как комплекс из четырех тонких тёмных полос. Подобные изменения микроструктуры отсутствовали на сагиттах молодежи контрольной группы. Метка была явно видна на сагиттах молодежи (рис. 7, 8), её формировала серия из четырёх ярких параллельных линий.

Таким образом, в возрасте после 50 сут. (завершающие стадии метаморфоза) на сагиттах хорошо заметны следы направленного температурного воздействия. Метки на сагиттах молодежи камбалы-калкана были хо-

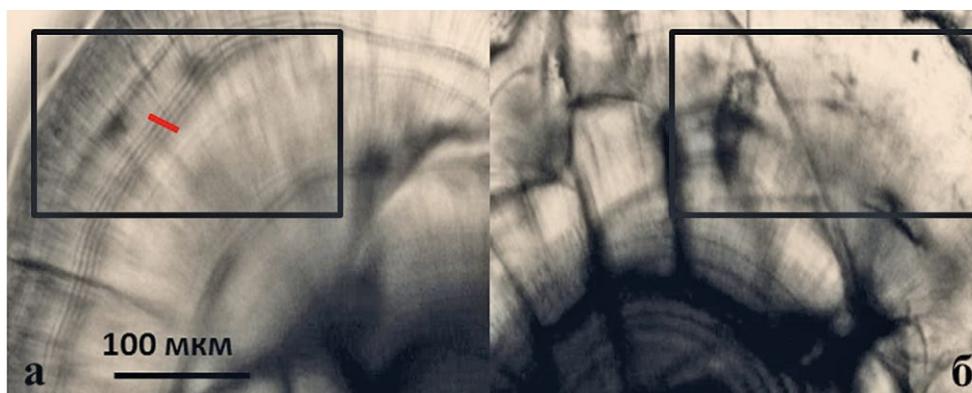


Рис. 7. Сагитты молодежи камбалы-калкана через 5 сут. после маркирования с кольцами метки, 200×; а – эксперимент; б – контроль

Fig. 7. Sagitta of turbot 5 days after marking experimental group (a) and control group (b), 200× (mark rings are indicated by the line)

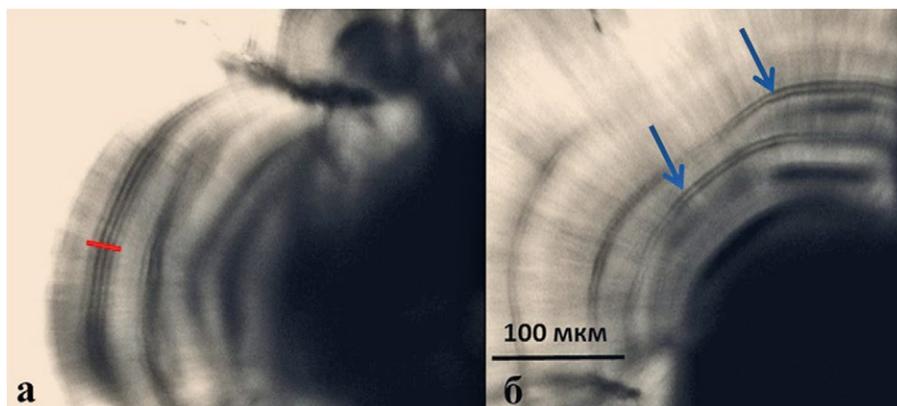


Рис. 8. Сагитты молоди камбалы-калкана через 25 сут. после маркирования с кольцами термометки, 200×; а – эксперимент; б – контроль

Fig. 8. Sagitta of turbot 25 days after marking experimental group (a) and control group (b), 200× (mark rings are indicated by the line)

рошо различимы спустя 25 сут. На рис. 8а метки показаны красной линией. Несмотря на невысокую чёткость фотографии, на ней очень хорошо видны три кольца, менее чётко – четвёртое кольцо. При этом все кольца расположены на одинаковом расстоянии друг от друга.

Интересно отметить, что на отолитах рыб контрольной группы (рис. 8б), в зоне, более близкой к центру (по сравнению с рис. 8а), видны по два близко расположенных кольца (отмечены синими стрелками). Появление этих микроструктурных образований, заметно более ярких, чем обычные суточные кольца, может быть обусловлено стрессами при внешних воздействиях (хэндлинг, пересадки и др.) или изменениям условий среды (солёности, температуры воды).

На рис. 9 приведены фотографии отолитов молоди, зафиксированной через 45 сут. после маркирования. Исследуемые зоны отолитов, соответствующие области предполагаемого обнаружения меток, обозначены чёрной линией. На рис. 9а просматривают-

ся последовательные кольца, расположенные друг от друга на близком расстоянии (отмечены красной линией). На рис. 9б подобной картины не наблюдается.

На отолитах молоди камбалы-калкана из экспериментального варианта, зафиксированной через 125 сут. после маркирования (рис. 10а), также хорошо различимы четыре параллельных кольца. На отолитах молоди из контрольного варианта подобные структуры не обнаруживаются (рис. 10б), имеющиеся на отолите кольца явно отличаются от группы колец меченой молоди (рис. 10а). Таким образом, можно говорить, что использованная нами техника маркирования обеспечивает возможность обнаружения метки, полученной путём отолитного маркирования в возрасте 45 сут. в течение, как минимум, 125 сут.

Причины появления ярких колец, выделяющихся в общей картине микроструктуры отолитов, лежат в расшифровке более тонких биохимических процессов кальцификации отолитов. S. Campana [1983] пи-

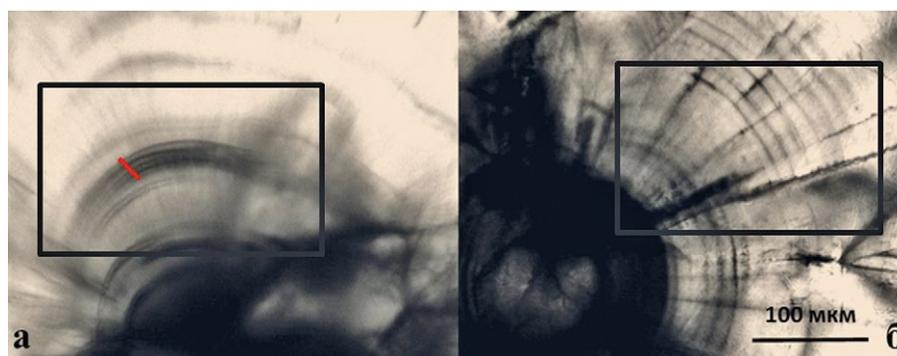


Рис. 9. Сагитты молоди камбалы-калкана через 45 сут. после маркирования с кольцами метки, 200×; а – эксперимент; б – контроль

Fig. 9. Sagitta of turbot 45 days after marking experimental group (a) and control group (b), 200× (mark rings are indicated by the line)

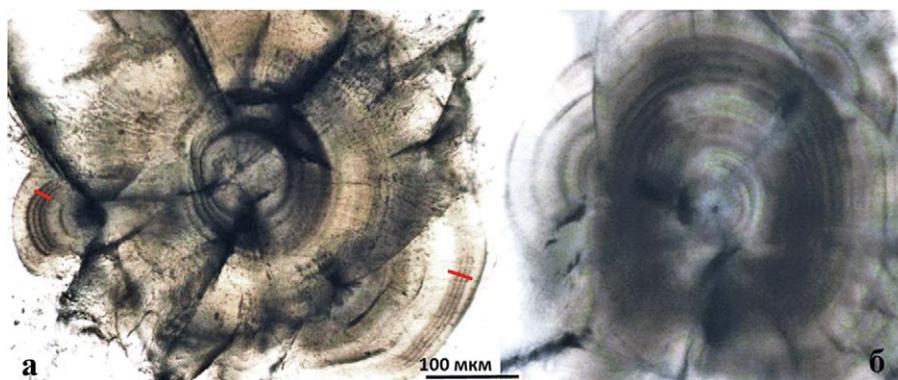


Рис. 10. Сагитты молоди камбалы-калкана через 125 сут. после маркирования с кольцами метки, 200×; а – эксперимент; б – контроль

Fig. 10. Sagitta of turbot 125 days after marking experimental group (a) and control group (b), 200× (mark rings are indicated by the line)

шет, что стресс снижает степень отложения кальция на отолитах, что может являться возможной причиной возникновения более ярких колец на отолитах. Такие опосредованные стрессом метки, по мнению американских авторов, представляют собой области пониженного или неупорядоченного роста отолитов [Campana, Neilson, 1985]. Эту же природу, судя по всему, имеют и так называемые кольца вылупления и кольца пигментации глаз у лососевых (*Salmonidae*). В такие периоды жизни темп роста кристаллов кальция снижается [Акиничева, 2006]. Можно предположить, что и причины возникновения колец метки аналогичны, и такие кольца можно считать стрессовыми. В то же время расстояние между кольцами зависит от времени между циклами мечения и температуры воды в эти периоды – чем выше температура воды, тем расстояние между полосами будет больше.

Подводя итог выполненных исследований, необходимо отметить следующее. Пересадка личинок перед выполнением опыта явилась очень сильным стрессовым фактором, не позволившим получить метки. Для получения ответа на вопрос о возможности мечения в раннем возрасте необходимо внесение существенных изменений в технику выполнения этой операции, в т. ч. исключение пересадок и сохранение условий для нормального питания личинок.

Температурный градиент при маркировании молоди камбалы-калкана должен составлять не менее 5–7 °С.

Количество циклов маркирования, по нашему мнению, должно быть не менее трёх, чтобы структура метки (рисунок, возникающий на отолитах в результате направленного воздействия факторов внешней среды) заметно выделялась на общем фоне суточных колец. Обычно стрессовые ситуации и важные переходные этапы жизни формируют не более 2 колец

подряд, поэтому метка, имеющая в своей структуре три-четыре ярких кольца, будет хорошо различима в дальнейшем. Для идентификации полученных меток в качестве регистрирующей структуры предпочтительнее использовать сагитты.

Таким образом, проведённое маркирование отолитов личинок камбалы-калкана можно считать успешным. Предварительно можно рекомендовать проводить маркирование в возрасте более 40 сут. В этом возрасте молодь жизнеспособна и устойчива не только к изменению температурного режима, но и к манипуляциям, связанным с маркированием. Полученные метки сохраняются и могут быть идентифицированы, по меньшей мере, в течение 125 сут. Возможность применения метода для личинок более раннего возраста может быть оценена после коррекции техники мечения с учётом исключения излишних пересадок и стабилизации температурных условий содержания личинок в период маркирования.

Благодарности

Авторы выражают благодарность за содействие в проведении исследований коллегам Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» отдела «Керченский» В.Н. Туркуловой, Н.М. Буряку, Н.В. Новосёловой и всем сотрудникам научно-экспериментальной базы «Заветное» Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО».

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы были соблюдены.

Финансирование

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания ФГБНУ «ВНИРО» №№ Государственного учёта НИОКТР АААА-А20–12006029046–3 (2020 г.) и ЕГИСУ НИОКТР 121042800071–2 (2021 г.) по теме «Разработка методов оценки пополнения промыслового запаса объектов искусственного воспроизводства в модельных водоёмах Российской Федерации».

ЛИТЕРАТУРА

- Акиничева Е.Г. 2006. Особенности сухого маркирования тихоокеанских лососей // Современные проблемы лососевых рыбоводных заводов Дальнего Востока. Мат. междунауч.-практ. семинара. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 224–234.
- Куманцов М.И. 2013. Черноморская камбала-калкан: состояние запасов и пути их сохранения и восстановления // Труды ВНИРО. Т. 150. С. 21–34.
- Маслова О.Н. 2013. Разведение и товарное выращивание черноморской камбалы-калкана *Scophthalmus maeoticus*: проблемы и методы // Труды ВНИРО. Т. 150. С. 35–49.
- Попова В.П., Кокос Л.М. 1973. О динамике стада черноморской камбалы-калкана и его рациональной эксплуатации // Труды ВНИРО. Т. 91. С. 151–160.
- Фурсенко Е.Б. 2021. Опыт термического мечения отолитов личинок щуки обыкновенной // Труды ВНИРО. Т. 183. С. 75–86. DOI: 10.36038/2307–3497–2021–183–75–86
- Ханайченко А.Н., Гиригосов В.Е. 2021. Черноморский калкан и его ближайший родственник, тюрбо. Севастополь: ФИЦ ИнБЮМ. 252 с. DOI 10.21072/978–5–6044865–6–6
- Bashey F.A. 2004. Comparison of the Suitability of Alizarin Red S and Calcein for Inducing a Non lethally Detectable Mark in Juvenile Guppies // Transactions of the American Fisheries Society. V. 133. Is. 6. P. 1516–1523. DOI: 10.1577/T03–073.1
- Bergstad O.A. Folkvord A. 1997. Dispersal of tagged juvenile turbot *Scophthalmus maximus* on the Norwegian Skagerrak coast // Fisheries Research. V. 29. Is. 3. P. 211–215. [https://doi.org/10.1016/S0165–7836\(96\)00543–7](https://doi.org/10.1016/S0165–7836(96)00543–7)
- Campana S.E. 1983. Factors affecting the production of daily growth increments in the otoliths of fishes. The University of British Columbia. 151 p.
- Campana S.E., Neilson J.D. 1985. Microstructure of fish otoliths // Can. J. of Fisheries and Aquatic Sciences. № 42. P. 1014–1032. DOI:10.1139/f85–127
- Campanella D., Garriz A., Colautti D.C., Somoza G.M., Miranda L.A. 2013. Osmotic induction marking with Alizarin Red S on juveniles of pejerrey, *Odontesthes bonariensis* (Atherinopsidae) // Neotropical Ichthyology. V. 11(1). P. 95–100. DOI:10.1590/S1679–62252013000100011
- Eckmann R., Rey P. 1987. Daily increments on the otoliths of larval and juvenile *Coregonus* spp., and their modification by environmental factors // Hydrobiologia. V. 148. P. 137–143. DOI: 10.1007/BF00008399
- Edeyer A., De Pontual H., Payan P., Troadec H., Severe A., Mayer-Gostan N. 2000. Daily variations of the saccular endolymph and plasma compositions in the turbot *Psetta maxima*: relationship with the diurnal rhythm in otolith formation // Mar. Ecol. Prog. Ser. № 192. P. 287–294. DOI: 10.3354/meps192287
- Iglesias J., Rodriguez-Ojea G. 1997. The use of alizarin complexone for immersion marking of the otoliths of embryos and larvae of the turbot, *Scophthalmus maximus* (L.): Dosage and treatment time // Fisheries Management and Ecology. V. 4 (5). P. 405–417. DOI: 10.1046/j.1365–2400.1997.00052
- Isshiki T., Katayama S. 2007. Otolith staining by oral administration of alizarin complexone with enteric-coated microcapsules for juvenile Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) // Bull. Kanagawa Prefect. Fish. Tech. Cent. I. 2. P. 43–49
- Liu Q., Zhang X.M., Zhang P.D., Sylvanus N. 2009. The use of alizarin red S and alizarin complexone for immersion marking Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* (T.) // Fisheries Research. V. 98 (1). P. 67–74. DOI: 10.1016/j.fishres.2009.03.014
- Oesau S., Thaller G., Schulz C., Tetens J. 2013. Application of PIT tags for individual identification of turbot (*Scophthalmus maximus*) // Archiv Tierzucht. V. 56. 28. P. 285–292. DOI: 10.7482/0003–9438–56–028
- Victor B.C. 1982. Daily otolith increments and recruitment in two coral-reef wrasses, *Thalassoma bifasciatum* and *Halichoeres bivittatus* // Mar. Biol. V. 71. P. 203–208. DOI: 10.1007/BF00394631
- Walker S.P.W., McCormick M.I. 2004. Otolith-check formation and accelerated growth associated with sex change in an annual protogynous tropical fish // Mar. Ecol. Prog. Se. Vol. 266. P. 201–212. DOI:10.3354/meps266201
- Wang N., Eckmann R. 1992. Effects of photoperiod, feeding regime and water temperature on the formation of daily growth increments in otoliths of larval pike (*Esox lucius* L.) // J. Appl. Ichthyol. V. 8. P. 246–250. DOI: 10.1111/j.1439–0426.1992.tb00690.x
- Yang K., Zeng R., Gan W., Deng L., Song Z. 2016. Otolith fluorescent and thermal marking of elongate loach (*Leptobotia elongata*) at early life stages // Environ. Biol. Fish. V. 99. P. 687. DOI: 10.1007/s10641–016–0509–6

References

- Akinicheva E.G. 2006. Features of dry marking of Pacific salmon // Modern problems of salmon hatcheries in the Far East. Mat. inter. sci.-prakt. the seminar. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatka Printing Yard. P. 224–234 (In Russ.).
- Kumantsov M.I. 2013. Black Sea turbot: state of reserves and ways of their conservation and restoration // Trudy VNIRO. Vol. 150. P. 21–34 (In Russ.).
- Maslova O.N. 2013. Breeding and commercial cultivation of the Black Sea turbot *Scophthalmus maeoticus*: problems and methods // Trudy VNIRO. T. 150. P. 35–49 (In Russ.).
- Popova V.P., Kokoz L.M. 1973. Dynamics of the population of the Black Sea turbot and its rational exploitation // Trudy VNIRO. Vol. 91. pp. 151–160 (In Russ.).
- Fursenko E.B. 2021. Thermal marking of otoliths in common pike larvae // Trudy VNIRO. Vol. 183. P. 75–86. DOI: 10.36038/2307–3497–2021–183–75–86 (In Russ.).

- Khanaichenko A.N., Giragosov V.E.* 2021. The Black Sea kalkan and its closest relative, turbot. Sevastopol: FITZ InBUM. 252 p. DOI 10.21072/978-5-6044865-6-6 (In Russ.).
- Bashey F.A.* 2004. Comparison of the Suitability of Alizarin Red S and Calcein for Inducing a Non lethally Detectable Mark in Juvenile Guppies // Transactions of the American Fisheries Society. V. 133. Is. 6. P. 1516–1523. DOI: 10.1577/T03-073.1
- Bergstad O.A., Folkvord A.* 1997. Dispersal of tagged juvenile turbot *Scophthalmus maximus* on the Norwegian Skagerrak coast // Fisheries Research. V. 29. Is. 3. P. 211–215. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(96\)00543-7](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(96)00543-7)
- Campana S.E.* 1983. Factors affecting the production of daily growth increments in the otoliths of fishes. The University of British Columbia. 151 p.
- Campana S.E., Neilson J.D.* 1985. Microstructure of fish otoliths // Can. J. of Fisheries and Aquatic Sciences. № 42. P. 1014–1032. DOI:10.1139/f85-127
- Campanella D., Garriz A., Colautti D.C., Somoza G.M., Miranda L.A.* 2013. Osmotic induction marking with Alizarin Red S on juveniles of pejerrey, *Odontesthes bonariensis* (Atherinopsidae) // Neotropical Ichthyology. V. 11 (1). P. 95–100. DOI:10.1590/S1679-62252013000100011
- Eckmann R., Rey P.* 1987. Daily increments on the otoliths of larval and juvenile *Coregonus* spp., and their modification by environmental factors // Hydrobiologia. V. 148. P. 137–143. DOI: 10.1007/BF00008399
- Edeyer A., De Pontual H., Payan P., Troadec H., Severe A., Mayer-Gostan N.* 2000. Daily variations of the saccular endolymph and plasma compositions in the turbot *Psetta maxima*: relationship with the diurnal rhythm in otolith formation // Mar. Ecol. Prog. Ser. № 192. P. 287–294. DOI: 10.3354/meps192287
- Iglesias J., Rodriguez-Ojea G.* 1997. The use of alizarin complexone for immersion marking of the otoliths of embryos and larvae of the turbot, *Scophthalmus maximus* (L.): Dosage and treatment time // Fisheries Management and Ecology. V. 4 (5). P. 405–417. DOI: 10.1046/j.1365-2400.1997.00052
- Isshiki T., Katayama S.* 2007. Otolith staining by oral administration of alizarin complexone with enteric-coated microcapsules for juvenile Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) // Bull. Kanagawa Prefect. Fish. Tech. Cent. I. 2. P. 43–49
- Liu Q., Zhang X.M., Zhang P.D., Sylvanus N.* 2009. The use of alizarin red S and alizarin complexone for immersion marking Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* (T.) // Fisheries Research. V. 98 (1). P. 67–74. DOI: 10.1016/j.fishres.2009.03.014
- Oesau S., Thaller G., Schulz C., Tetens J.* 2013. Application of PIT tags for individual identification of turbot (*Scophthalmus maximus*) // Archiv Tierzucht. V. 56. 28. P. 285–292. DOI: 10.7482/0003-9438-56-028
- Victor B.C.* 1982. Daily otolith increments and recruitment in two coral-reef wrasses, *Thalassoma bifasciatum* and *Halichoeres bivittatus* // Mar. Biol. V. 71. P. 203–208. DOI: 10.1007/BF00394631
- Walker S.P.W., McCormick M.I.* 2004. Otolith-check formation and accelerated growth associated with sex change in an annual protogynous tropical fish // Mar. Ecol. Prog. Ser. Vol. 266. P. 201–212. DOI:10.3354/meps266201
- Wang N., Eckmann R.* 1992. Effects of photoperiod, feeding regime and water temperature on the formation of daily growth increments in otoliths of larval pike (*Esox lucius* L.) // J. Appl. Ichthyol. V. 8. P. 246–250. DOI: 10.1111/j.1439-0426.1992.tb00690.x
- Yang K., Zeng R., Gan W., Deng L., Song Z.* 2016. Otolith fluorescent and thermal marking of elongate loach (*Leptobotia elongata*) at early life stages // Environ. Biol. Fish. V. 99. P. 687–695. DOI: 10.1007/s10641-016-0509-6

Поступила в редакцию 15.04.2022 г.
Принята после рецензии 05.08.2022 г.



Промысловые виды и их биология

Новые подходы к анализу материалов чтения меток на самках морских котиков

А.И. Болтнев¹, А.И. Михайлов¹, Е.А. Болтнев¹, С.И. Корнев²

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

² Камчатский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО»), ул. Набережная, 18, г. Петропавловск-Камчатский, 683000

E-mail: aboltnev@vniro.ru; aboltnev@mail.ru

Цель: разработка методов анализа материалов по возврату меток от северных морских котиков в целях изучения их жизненного цикла и репродуктивной биологии.

Метод: мечение металлическими метками детёнышей морских котиков проводилось на Командорских островах с 1961 г. Чтение меток на котиках с помощью оптических приборов проводилось в 1982–2014 гг. в течение гаремного периода на Центральном участке Северного лежбища (о. Беринга).

Новизна: впервые рассчитаны коэффициенты мечения и потери меток для самок котиков до 14-летнего возраста. Впервые проведена верификация материалов возврата меток, показана репрезентативность данных и возможность их использования для анализа жизненного цикла и вопросов размножения котиков.

Результаты: выход самки на лежбище в гаремный период рассматривался как участие в размножении. На основе данных радиомечения самок котиков определена вероятность встречи наблюдателем меченой самки на лежбище в течение гаремного периода, которая оказалась практически равной 1. Вероятность того, что в течение гаремного периода меченая самка не будет зарегистрирована наблюдателем, оказалась пренебрежительно мала ($0,23 \cdot 10^{-3}$). Представлены коэффициенты мечения котиков на Командорских островах в 1980–2011 гг. В соответствии с математической моделью ежегодная потеря меток самками в возрастном интервале от 2 до 14 лет составила 4% на 95%-ном уровне достоверности. По результатам расчётов видно, что методика чтения меток на живых котиках даёт достоверный репрезентативный материал, пригодный для анализа жизненного цикла самок.

Ключевые слова: северный морской котик, мечение и чтение меток, методика анализа возврата меток, коэффициенты мечения и потери меток.

New approach to analysis to tags reading data of northern fur seal females

Alexander I. Boltnev¹, Andrey I. Mikhailov¹, Evgenij A. Boltnev¹, Sergej I. Kornev²

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

² Kamchatka branch of «VNIRO» («KamchatNIRO»), 18, Naberezhnaya st., Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000, Russia

Purpose: Development of methods for the analysis of materials on the return of tags from northern fur seals in order to study their life cycle and reproductive biology.

Method: Metal tagging of fur seal pups has been carried out on the Commander Islands since 1961. Reading marks on seals using optical devices was carried out in 1982–2014. during the harem period on the Central site of the Northern rookery (Bering Island).

Novelty: For the first time, the coefficients of tagging and loss of tags for female fur seals up to 14 years of age have been calculated. For the first time, the verification of tag return materials was carried out, the representativeness of the data and the possibility of their use for the analysis of the life cycle and breeding issues of seals were shown.

Results: The arrival of the female to the rookery during the harem period was considered as participation in reproduction. Based on the data of radio-tagging of female seals, the probability of meeting a tagged female on a rookery during the harem period was determined, which turned out to be almost equal to 1. The probability that during the harem period a tagged female will not be registered by an observer turned out to be negligibly small ($0.23 \cdot 10^{-3}$). The coefficients of fur seal tagging on the Commander Islands in 1980–2011 are presented. In accordance with the mathematical model, the annual loss of marks by fur seal females in the age range from 2 to 14 years was 4% at a 95% confidence level. According to the results of calculations, it was shown that the method of reading marks on live seals provides reliable representative material suitable for the analysis of the life cycle of females.

Keywords: northern fur seal, tagging and tag reading, tag return analysis technique, tagging rates and tag loss.

ВВЕДЕНИЕ

Использование мечения животных позволяет получить ценный материал к характеристике многих вопросов их биологии, начиная от определения границ ареала и путей сезонных и кормовых миграций до возрастной характеристики смертности, продолжительности жизни, воспроизводства и многих других вопросов жизненного цикла животных. У северных морских котиков массовое мечение металлическими метками щенков было начато по решению четырёхсторонней комиссии по котикам Северной части Тихого океана (1957–1984 гг.). Основной задачей мечения была оценка путей миграции и мест зимовки морских котиков, которая решалась в результате организации экспериментальной добычи животных в море, проводимой странами-участницами комиссии (Россия, США, Япония и Канада).

Кроме того, материал по возврату меток собирали во время коммерческого промысла котиков-холостояков на берегу, позволяющего получить информацию о смешивании котиков разных популяций на гаремных лежбищах. Применение с конца 1960 – начала 1970-х гг. оптических приборов (бинокль, зрительная труба ЗРТ-457) для дистанционного чтения меток на живых котиках объём получаемого материала расширился. Возврат меток от живых животных позволил выяснить возрастной состав размножающихся самок и самцов, вопросы хоминга (возврат к месту рождения особи) и филопатрии (возврат к месту первого размножения), репродуктивного поведения котиков и др. [Kenyon, Wilke, 1953; Kenyon, 1960; Бычков, 1964; Peterson, 1968; Чугунков, 1966; Челноков, 1982; Владимиров и др., 1982; Владимиров, Садовов, 1982; Владимиров, Лыскин, 1984; Болтнев, 1989; Владимиров, 1998].

Дальнейшее развитие исследований предполагает наблюдение за животными на протяжении всего их жизненного цикла, что требует индивидуального подхода к анализу материала, рассматривая животных как континуум индивидуальных жизненных стратегий у котиков, определяющих многие стороны их биологии [Болтнев, 2011; 2016; 2017]. Надо отметить, что до сих пор полного анализа жизненных циклов у морских котиков не проводилось. Вместе с тем, многолетнее чтение меток на лежбищах острова Медный (с 1970 г.), а также с 1982 г. на Северном лежбище острова Беринга, может позволить проследить весь жизненный цикл самок. Однако высокая неопределённость материалов по чтению меток на живых котиках требует более тщательного подхода к разработке методов их анализа. В свете изложенного актуальным становятся вопросы о репрезентативности

и достоверности данных по чтению меток на котиках и о возможности использования этих данных для анализа воспроизводства котиков в их жизненном цикле.

В данной работе предпринята попытка на основе результатов многолетнего чтения меток на самках котиков Северного лежбища острова Беринга разработать методические подходы к изучению жизненного цикла самок, вопросов их воспроизводства и репродуктивного успеха, а также оценить репрезентативность этих материалов.

МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛ

Мечение приплода котиков металлическими метками. На Северном лежбище острова Беринга мечение котиков было начато в 1961 году. Проходило оно в основном на Центральном участке (в районе наблюдательной вышки), щенков загоняли во временные загородки непосредственно с Центрального участка лежбища и прилежащих к нему рифов, а также с участка Эстакада (в случае больших объёмов мечения) на мелководье. Объём мечения значительно колебался в разные годы. Наиболее значительным он был в 1960–1970-х гг., изменяясь от 1250 в 1974 г. до 8700 щенков в 1964 г., в среднем это составило около 4500 щенков в год (в 1965 г. мечение не проводилось). В 1980–1994 гг. интенсивность мечения щенков колебалась от 594 до 2900 щенков в год, постепенно снижаясь к концу периода, когда устанавливались последние отечественные метки из запасов лаборатории морских млекопитающих КамчатНИРО. Средняя интенсивность мечения за этот период составила около 2000 щенков ежегодно.

С 1995 г. для проведения специальных работ в ограниченном количестве мы использовали метки, любезно переданные нам американскими коллегами (NMML, NOAA, г. Сиэтл, США), однако это происходило не ежегодно. И лишь с 2003 г. после получения большой партии заказанных КамчатНИРО металлических меток из США мечение возобновилось в объёме около 1000 щенков котиков ежегодно, пока не прекратилось окончательно в 2011 г.

Надо отметить, что в начале 1960-х гг. при мечении детёнышам ставили по одной метке на ласт, в 1965–1970-х гг. – и по одной, и по две метки. Понятно, что для расчёта коэффициентов использовались только животные, помеченные в возрасте до 1,5 месяцев, с двумя одинаковыми метками, в которых совпадали номер и серия метки.

Чтение меток на котиках. Чтение меток на котиках Северного лежбища проводилось в основном в течение репродуктивного сезона в 1982–2014 гг., преимущественно с последней декады июня по нача-

ло августа на участке Центральный, где расположена наблюдательная вышка высотой около 10–12 м. Наблюдатель обычно находился на вышке и осматривал все находящиеся на Центральном участке залёжки самок с периодичностью ориентировочно 1 раз в течение 10–15 минут на предмет поиска меченых самок. Таким образом, за рабочий день продолжительностью до 6–8 часов многократно осматривались все самки на данном участке. В случае встречи меченой самки наблюдатель читал метку с помощью зрительной трубы ЗРТ-457М с 30- и 60-кратным увеличением в зависимости от удаления от вышки. Обычно это занимало от нескольких секунд до 1–3 минут (если самка активно двигалась). Чтение меток проводилось также с помощью полевых биноклей из передвижного наблюдательного пункта (ПНП), когда его использовали для проведения специальных работ на данном участке лежбища. В отдельные годы чтение меток продолжалось в течение всего августа и первой недели сентября, когда на лежбище выходили 1–2-летние самки. Пол у таких самок определяли по их поведению при взаимодействии с молодыми секачами, ещё продолжавшими имитировать «гаремное поведение» уже после завершения периода деторождения. В отдельные годы (во время промысла сеголеток) чтение меток продолжалось до середины ноября. Всего было прочитано 3208 меток на самках котиков, помеченных металлическими метками примерно в месячном возрасте в 1961–1997 гг. Часть меченых самок была встречена на лежбище лишь в один из сезонов наблюдений, другие встречались многократно – максимум 17 сезонов (без учёта пропусков размножения). Общее число повторных встреч всех самок составило 7855, каждая встреча означает участие в очередном репродуктивном сезоне. У каждой из встреченных самок мы отмечали наличие щенка. Также отмечалось наличие или отсутствие второй метки на другом лапке самки.

Верификация первичного материала. При чтении меток возможны ошибки в определении серии или номера метки. Если возникали сомнения в правильности чтения номера или серии метки, то такие метки в базу данных не заносились изначально. Тем не менее, вероятность ошибки прочтения метки наблюдателем через увеличительную оптику оставалась. Поэтому в анализе мы использовали метки самок, которые были прочитаны наблюдателем не менее 2-х раз. Метки, встреченные один раз за весь период наблюдений и достоверно прочитанные из ПНП или с наблюдательной вышки, но не получившие подтверждения в виде второй встречи, в данном анализе не использовались.

Интенсивность чтения меток была максимальна на Центральном участке лежбища. Поэтому метки, прочитанные из ПНП на других участках лежбища, прочтение которых невозможно из оптических приборов с наблюдательной вышки, в данном анализе также не использовались.

Таким образом, из всего массива данных для анализа мы использовали только тех самок, метку которых можно было прочесть с наблюдательной вышки и которые встречались 2 раза и более. Всего таких меченых самок было 1268, вышедших на лежбище суммарно в течение 5111 гаремных сезонов. Каждая из них выходила по 2 раза и более за сезон.

Репрезентативность материала

Несмотря на наши усилия по верификации материала и исключению меток, в правильности прочтения которых есть хоть малейшие сомнения, высокая степень неопределённости полученного материала по чтению меток на живых котиках остаётся. Действительно, результаты чтения меток зависят от продолжительности нахождения самки на берегу и в море, от продолжительности наблюдений, от погодных условий, непосредственно влияющих на поведение самок (в плохую погоду самка много времени лежит без движения и плохо «показывает» метку), от индивидуальных особенностей наблюдателя. Важно выяснить, насколько эти факторы могут влиять на результаты чтения меток. Другими словами, насколько репрезентативными являются собираемые по этой методике материалы, поскольку, исходя из выше сказанного, число встреченных меченых самок может быть только заниженным, возможно даже существенно.

Один из главных вопросов – вопрос о влиянии периодических перемещений самок между берегом и морем на вероятность фиксирования её наблюдателем. Для оценки этой вероятности мы использовали материалы мечения самок радиопередатчиками, проведенного в 1997 году [Болтнев, 2011] и позволившего точно установить время нахождения самки на берегу и время, проведённое ею в море. В расчёте использованы данные 39 самок, которые были помечены сразу после рождения ими щенков. Было установлено, что первый визит на лежбище для рождения щенка по продолжительности был равен в среднем $6,1 \pm 1,5$ дня, после которого самка ушла в море на $4,4 \pm 1,5$ дня. В дальнейшем самка выходила на берег на $1,1–1,8$ дня для кормления щенка и вновь уходила в море на $2,9–7,3$ дня для собственной кормёжки. Общее время наблюдений составило $97,8 \pm 8,85$ дней, из которых $25,6 \pm 2,8$ дня (или 26,2% времени) самки находились на лежбище и $72,2 \pm 8,4$ дня в море (73,8%

времени). Таким образом, вероятность встречи самки с наблюдателем при разовом посещении лежбища составит $p_1 = 0,26 \pm 0,041$; а вероятность нахождения самки в море – $p_5 = 0,74 \pm 0,016$.

Практически ежедневное чтение меток проводилось в течение всего гаремного периода, продолжительность которого (наиболее интенсивный период деторождения) составляет порядка 45 дней. Вероятность того, что наблюдатель не обнаружит помеченную самку ни разу за весь период наблюдения, составляет $0,73^{45} \approx 0,7 \cdot 10^{-6}$. Иными словами, наблюдатель учтёт всех прибывающих на лежбище в данный сезон размножения самок с вероятностью, близкой к 1.

Теперь попытаемся оценить вероятность прочтения (распознавания) метки наблюдателем. Этот параметр можно косвенно оценить по материалам чтения меток на Центральном участке лежбища с наблюдательной вышки и из ПНП в те дни, когда одновремен-

но с чтением меток проводились специальные работы по мечению и взвешиванию щенков котиков на этом участке. Работа ПНП вызывала незначительное беспокойство котиков, их передвижение на несколько метров от места работы, иногда переход самки из одного гарема в другой. Это позволяло несколько увеличить эффективность чтения меток с наблюдательной вышки. Тем не менее, часть меток наблюдатели с вышки прочесть не смогли по той или иной причине. Однако эти неучтённые наблюдателем с вышки метки были зафиксированы наблюдателем из ПНП. Таким образом, общее количество распознанных меток, за исключением продублированных, что достигается сличением номеров меток, увеличилось. Доля меток, распознанных наблюдателем с вышки, в общем количестве распознанных меток, в массиве наблюдений за 1985–1987 гг. представлена в табл. 1. Всего в 1985–1987 гг. было проведено 25 таких наблюдений.

Таблица 1. Одновременное чтение меток с вышки и из ПНП в 1985–87 гг. и вероятность идентификации меток наблюдателем

Table 1. Simultaneous reading of metal tags from the tower and from the PNP in 1985–1987 and the probability of reading the tags by an observer

Прочитано с вышки	Прочитано из ПНП	Всего прочитано меток	Вероятность идентификации метки наблюдателем с вышки
25	5	30	0,83
26	8	34	0,76
36	11	47	0,77
65	8	73	0,89
3	7	10	0,30
10	12	22	0,45
2	8	10	0,20
10	2	12	0,83
15	4	19	0,79
15	9	24	0,63
26	29	55	0,47
13	3	16	0,81
14	14	28	0,50
12	29	41	0,29
20	22	42	0,48
30	35	65	0,46
45	12	57	0,78
23	11	34	0,68
40	26	66	0,61
56	35	91	0,62
43	29	72	0,60

Прочитано с вышки	Прочитано из ПНП	Всего прочитано меток	Вероятность идентификации метки наблюдателем с вышки
100	7	107	0,93
57	39	96	0,59
60	34	94	0,64
26	37	63	0,41
Суммарно: 772	436	1208	0,64

Таким образом, выборочная вероятность прочтения метки находящейся на лежбище самки наблюдателем с вышки, составила $p_2 = 0,64 \pm 0,20$ (здесь и далее указано SD – стандартное отклонение).

С учётом кормовых циклов (берег-море) вероятность обнаружения меченой самки будет равна произведению вероятности нахождения её на берегу и вероятности прочтения метки наблюдателем, составив:

$$P = p_1 \cdot p_2 = (0,26 \pm 0,041) \cdot (0,64 \pm 0,20) = 0,17 \pm 0,06. \quad (1)$$

Вероятность того, что меченая самка не будет зарегистрирована за весь период наблюдения продолжительностью $D = 45$ дней, составляет $(1 - P)^D = (1 - 0,17)^{45} \approx 0,23 \cdot 10^{-3}$. Иными словами, даже с учётом сложности удалённого распознавания метки, вероятность того, что прибывшие на лежбище помеченные самки не будут учтены наблюдателем, пренебрежимо мала в силу достаточно продолжительного периода наблюдений.

Коэффициент мечения

Для выравнивания оценок при межгодовых сравнениях результатов чтения меток на котиках мы использовали коэффициент мечения, который рассчитывался как количество живых щенков в приплоде, приходящееся на одного меченого щенка.

Этот показатель менялся от 2,61 щенков в 1964 г. до 50,5 щенков в 1990 г. Частично эти данные опубликованы в работе В.А. Владимирова с соавторами [1982], поэтому в табл. 2 мы приводим коэффициент мечения котиков в годы, не вошедшие в данную публикацию.

Расчёт коэффициента потери меток

Коэффициент потери меток ($K_{пм}$) рассчитан нами в соответствии с алгоритмом В.Л. Андреева с соавторами (1978) по соотношению самок с двумя метками и самок с одной меткой для каждого возрастного класса среди котиков, помеченных при рождении двумя метками (табл. 3).

Таблица 2. Коэффициенты мечения морских котиков на береговых лежбищах в 1981–2011 гг.

Table 2. Coefficients of tagging fur seals on coastal rookeries in 1981–2011

Год	Северное	Северо-Западное	Юго-Восточное	Урилье
1981	8,86	6,80	10,26	11,50
1982	9,40	9,28	9,01	8,90
1983	9,38	8,25	9,78	11,60
1984	9,95	9,88	10,17	8,97
1985	9,47	9,45	8,52	10,37
1986	9,21	9,79	20,45	18,20
1987	9,94	9,53	9,85	
1988	13,41	8,56		
1989	18,61	16,62	35,56	16,22
1990	50,47			21,15
1991	36,77			56,00
1992	23,34			
1993	26,99	13,11		17,00
1994	18,80			
1995	72,97	10,40		12,93
1996	31,82	138,02		
1997	199,04	125,62		
1998				
1999				
2000	94,87			
2001				
2002				
2003	33,11			
2004	22,05			
2005	28,33	23,22		
2006	22,87			
2007	19,92			
2008	21,95			
2009	19,58	25,12		
2010	35,70			
2011	27,26			

Таблица 3. Соотношение самок котиков с 2-мя и 1-й меткой по данным полевых наблюдений в 1982–2014 гг. на Северном лежбище (фактические данные)

Table 3. The ratio of female fur seals with 2 and 1 metal tags according to field observations in 1982–2014 at the Northern rookery (actual data)

Количество меток	Возраст, лет																				Всего					
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		22	23	24	25	
Обе метки (N_2)	27	46	75	46	41	50	37	29	37	19	14	13	7	6	3	4	4	2	2	1	2					465
Только одна метка (N_1)	3	5	16	11	14	13	12	9	5	8	7	8	9	9	7	7	4	3	4	5	2	1	1	1	164	

Очевидно, что при расчёте реальной доли самок того или иного возраста в той или иной категории (рожавшие, нерожавшие) необходимо учитывать также величину их ежегодной смертности.

Процесс потери меток и смертности особей описывается следующими уравнениями:

$$\dot{N}_2 = -(Z + \lambda)N_2; \quad (2)$$

$$\dot{N}_1 = -(Z + \lambda)N_1 + \lambda N_2; \quad (3)$$

$$\dot{N}_0 = -ZN_0 + \lambda N_1, \quad (4)$$

где Z – мгновенный коэффициент общей смертности, в общем случае зависящий от времени; λ – темп потери меток; N_2 – число самок с двумя метками на обоих лапах; N_1 – число самок с достоверно установленной только 1-й меткой на лапте; N_0 – расчётное количество немеченых особей в зависимости от возраста.

Здесь мы предполагаем, что мечение не оказывает существенного влияния на выживаемость меченых особей, что позволяет не только рассчитывать коэффициенты потери меток у котиков, но и оценивать возрастные показатели смертности (см., например, Андреев и др., 1978). Если бы такое влияние было бы существенным, то мечение как метод изучения динамики популяции был бы несостоятельным, поскольку динамика помеченной субпопуляции принципиально отличалась бы от динамики основного стада и оценить смертность в основной популяции было бы нельзя. Кроме того, в случае наличия неучтённого влияния мечения на повышение смертности, численность всей популяции, оценённая по динамике меченых особей, будет оценкой снизу, тем самым обеспечивая соблюдение принципа предосторожности при разработке стратегии управления промыслом морских млекопитающих.

Решение уравнений (2) – (4) имеет вид:

$$N_2(T) = N_2(0) \exp\left(-\int_0^T Z dt - \lambda T\right); \quad (5)$$

$$N_1(T) = \lambda T N_2; \quad (6)$$

$$N_0(T) = (N_0(0) + N_2(0)(1 - (1 + \lambda T) \times \exp(-\lambda T))) \exp\left(-\int_0^T Z dt\right), \quad (7)$$

где T – возраст животного.

Общая расчётная численность животных в возрасте T может быть выражена через численность меченых животных следующим образом:

$$N_0(T) = \frac{N_2(T)}{K_m} \exp(\lambda T) - (N_2(T) + N_1(T)), \quad (8)$$

где $K_m = \frac{N_2(0)}{N_0(0) + N_2(0)}$ – коэффициент мечения поколения

котиков в год его рождения.

Оценка темпа потери меток осуществляется на основе уравнения (6) методом регрессионного анализа. На рис. 1 представлены результаты этого анализа, наблюдаемые значения отношения численностей особей с одной и с двумя метками и их теоретическая аппроксимация в зависимости от времени (возраста особи) согласно уравнению (6).

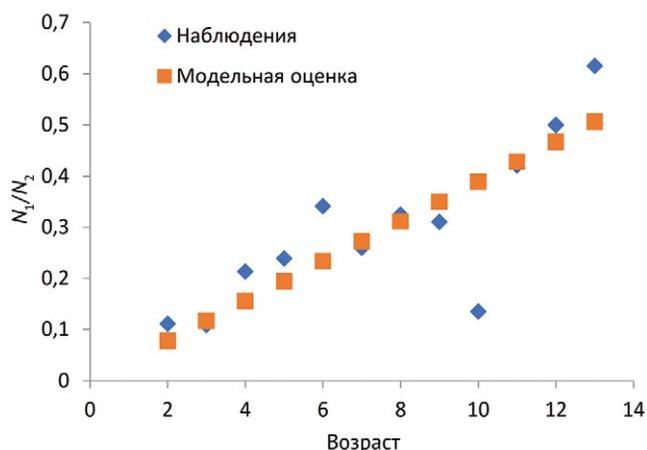


Рис. 1. Зависимость вероятности потери меток самками котиков от их возраста

Fig. 1. Dependence of the probability of tag loss by female fur seals on their age

Наблюдение значения отношения самок с одной и двумя метками наилучшим образом описывается регрессией с коэффициентом $\lambda=0,039\pm 003$. С учётом 95% доверительного интервала оценок ежегодно помеченные животные теряют порядка 4% меток, а вероятность сохранить метки составляет $e^{-\lambda}=0,961$.

ОБСУЖДЕНИЕ

Таким образом, в данной работе нами рассмотрены основные подходы к анализу данных возврата меток у котиков, рассчитаны коэффициенты мечения и темпы потери меток для выравнивания эмпирических данных. При этом особое внимание уделено верификации данных.

Во-первых, для оценки репродуктивных параметров мы предложили жёсткий отбор данных возврата меток. Так, метки, встреченные один раз за весь период наблюдений и достоверно прочитанные из ПНП или с наблюдательной вышки, но не получившие подтверждения в виде второй встречи в данном анализе не использовались. Этот подход снижает численность самок, которые имеют меньшую продолжительность жизни либо меньший репродуктивный потенциал и погибают или на многие годы (до конца жизни) выбывают из размножения после первого посещения лежбища и первого спаривания. Однако некоторая компенсация и увеличение численности таких самок происходит при использовании коэффициентов потери меток, о чем мы скажем ниже.

Во-вторых, были использованы все доступные эмпирические данные полевых исследований – включая материалы радиомечения самок в 1997 г., материалы чтения меток из ПНП, когда метку самки мы могли видеть даже невооружённым взглядом (без бинокля), – для оценки вероятности того, что меченая самка, вышедшая на лежбище для деторождения и спаривания, будет обнаружена наблюдателем. Оказалось, что вероятность фиксации всех размножающихся в данном репродуктивном сезоне меченых самок близка к 1 с учётом продолжительности наблюдений в течение всего гаремного периода.

В-третьих, впервые на основе собственных материалов были рассчитаны коэффициенты потери меток самками от 2-х до 14-ти лет. Ранее при анализе возврата меток от меченых самок использовались коэффициенты потери меток, рассчитанные на основе материалов возврата меток от самцов 2-х – 5-летнего возраста, забитых во время коммерческого промысла на Командорских островах [Андреев и др., 1978]. При этом не учитывался тот факт, что самцы уже в возрасте 4-х лет значительно крупнее 4-летних самок, соответственно, потеря закреплённых на передних лапах

меток у них может быть выше, чем у самок, за счёт влияния тканей быстрорастущих передних лап на целостность замка метки. Кроме того, нами показано, что после 4-х – 5-ти лет рост показателей потери меток у самок продолжается (см. рис. 1). Поэтому использование наших собственных расчётных показателей потери меток даёт более точные оценки, касающиеся популяционных и репродуктивных параметров самок.

Эти результаты важны, поскольку на основе материалов многолетнего чтения меток на самках, с учётом их хоминга и филопатрии, мы можем проанализировать индивидуальные особенности репродуктивного цикла самок морских котиков, включая возраст полового созревания, периодичность деторождения, продолжительность жизненного цикла.

Понятно, что для анализа жизненного цикла самок требуется индивидуальный подход к каждой самке, начиная от её полового созревания и первого выхода для спаривания, рождения щенка и последующих выходов до полного исчезновения с лежбища. Этот материал может быть сгруппирован различными методами для оценки соответствующих репродуктивных параметров (возраст начала размножения и возраст его окончания, пропуски размножения и количество рождённых потомков в жизненном цикле и др.), которые могут быть рассчитаны как с учётом коэффициентов мечения и потери меток, так и без их учёта. Такой подход может дать верхнюю и нижнюю оценку этих параметров при сохранении общих тенденций их изменений. Вместе с тем, для оценки, например, возрастной структуры, а также многолетних изменений репродуктивных параметров в популяции морских котиков учёт коэффициентов мечения и потери меток обязателен.

Таким образом, несмотря на высокую степень неопределённости, заложенной в самом методе чтения меток на живых котиках, полученный материал по чтению меток надо признать репрезентативным и достоверным, что позволит его использовать с большой пользой для выяснения особенностей размножения самок котиков в течение жизненного цикла.

Конечно, для многолетних исследований репродуктивного цикла самок метод нанесения буквенно-цифровой метки раскалённым металлическим тавром, что с успехом используется для таких крупных животных как сивуч, морской слон, был бы более удобен хотя бы за счёт упрощения расчётов. Однако этот метод вряд ли применим для детёнышей морских котиков, поскольку их смертность из-за мелкого размера может быть весьма значительна, а возврат меток по этой причине минимален. Мечение же взрослых самок весьма трудоёмко, хотя и возможно с использова-

ЛИТЕРАТУРА

нием ПНП. В этом смысле, результаты нашего анализа многолетнего мечения и возврата меток у котиков помогут в будущем, в случае необходимости, спланировать детальные исследования жизненного цикла самок, включая влияние различных факторов (от антропогенных до естественной динамики среды) на их репродуктивный успех.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ материалов свидетельствует, что в течение всего гаремного периода (примерно 45 суток) — наиболее активного чтения меток наблюдателями — вероятность учёта всех прибывающих на лежбище самок близка к 1. Выборочная вероятность прочтения метки находящейся на лежбище самки наблюдателем с вышки составила $p_2 = 0,64 \pm 0,20$. С учётом кормовых циклов (берег-море) вероятность обнаружения меченой самки составляет $P = 0,17 \pm 0,06$. Вероятность того, что меченая самка не будет зарегистрирована за весь период наблюдения пренебрежимо мала ($\approx 0,23 \cdot 10^{-3}$). Таким образом, анализ вероятности прочтения меток на морских котиках с помощью оптических приборов позволяет считать полученный материал репрезентативным и пригодным для анализа их жизненного цикла.

Приведены сведения о коэффициентах мечения детёнышей морских котиков в 1980–2011 годах на Северном лежбище острова Беринга и других лежбищах Командорских островов. Проведены расчёты вероятности потери меток котиками в возрасте от 2 до 14 лет. Показано, что с учётом 95% доверительного интервала оценок помеченные животные теряют ежегодно примерно 4% меток. Коэффициенты мечения и потери меток позволяют проводить межгодовые сравнения репродуктивных параметров котиков в течение их жизненного цикла.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все описанные в статье данные получены согласно этическим нормам в отношении животных. Все помеченные котики были возвращены в среду обитания. Чтение меток осуществлялось без отлова животных.

Финансирование

Работа выполнялась в рамках государственного финансирования ФГБНУ «ВНИРО» и Камчатского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО») в период с 1982 по 2022 гг.

- Андреев В.Л., Булгакова Т.И., Челноков Ф.Г. 1978. Метод оценки некоторых параметров популяции морских котиков по материалам мечения // Труды ВНИРО. Т. 128. С. 23–32.
- Болтнев А.И. 1989. Смешиваемость и количественное распределение северных морских котиков по районам зимовки // Экология. № 5. С. 25–29.
- Болтнев А.И. 2011. Северный морской котик командорских островов. М.: ВНИРО. 264 с.
- Болтнев А.И. 2016. Морские млекопитающие в экосистеме: популяционная структура вида как следствие г/К-отбора // Мат. IX Межд. конф. «Морские млекопитающие Голарктики», г. Астрахань, 31.10–5.11. 2016. С. 76–84 (Russ./Eng.).
- Болтнев А.И. 2017. Внутривидовой г/К-отбор у северного морского котика // Труды ВНИРО. Т. 168. С. 4–13.
- Бычков В.А. 1964. Наблюдения за самками морского котика на острове Тюленьем // Известия ТИНРО. Т. 54, Труды ВНИРО. Т. 51. С. 91–95.
- Владимиров В.А. 1998. Структура популяций и поведение северных морских котиков // Северный морской котик: систематика, морфология, экология, поведение. В 2-х частях. М.: Наука. С. 555–722.
- Владимиров В.А., Садовов В.Н. 1982. Сезонная динамика возрастного состава самок морских котиков на гаремном лежбище // Изучение, охрана и рациональное использование морских млекопитающих. Тез. докл. VIII Всес. совещ. (Астрахань, 5–8 сент. 1982 г.). Астрахань. С. 71–73.
- Владимиров В.А., Лыскин Н.Н. 1984. Новые данные по размножению и структуре популяций северных котиков (*Callorhinus ursinus*) // Зоологический журнал. Т. 63. № 12. С. 1883–1890.
- Владимиров В.А., Лыскин Н.Н., Садовов В.Н. 1982. Некоторые результаты исследований биологии морских котиков на Урильем лежбище о. Медного в 1978–1981 гг. М.: ВНИРО. 76 с.
- Челноков Ф.Г. 1982. Хоминг и распределение котиков на гаремных территориях Юго-Восточного лежбища о. Медный // Изучение, охрана и рац. использование морских млекопитающих. Тез. докл. 8-го всесоюзн. совещ. Астрахань. С. 401–403.
- Чугунков Д.И. 1966. О локальности стад морских котиков, обитающих на островах Беринга и Медный // Известия ТИНРО. Т. 58. С. 15–21.
- Kenyon K.W. 1960. Territorial behavior and homing in the Alaska fur seal // Mammalia. V. 24. N 3. P. 431–444.
- Kenyon K.W., Wilke F. 1953. Migration of the northern fur seal, *Callorhinus ursinus* // J. of Mammalogy V. 34. № 1. P. 86–98.
- Peterson, R. S. 1968. Social behavior in pinnipeds with particular reference to the northern fur seal // The Behavior and Physiology of Pinnipeds / R.J. Harrison, R.C. Hubbard, R.S. Peterson, C.E. Rice, R.J. Schusterman, eds. New York: Appleton-Century-Crofts. P. 3–53.

REFERENCES

- Andreev V.L., Bulgakova T.I., Chelnokov F.G. 1978. Method for estimating some parameters of the fur seal population based on tagging materials // Proceedings of VNIRO. T. 128. P. 23–32 (In Russ.).

- Boltnev A.I.* 1989. Miscibility and quantitative distribution of northern fur seals by wintering areas // Ecology, N 5, pp. 25–29 (In Russ.).
- Boltnev A.I.* 2008. The arrival of northern fur seal females in the rookery and duration of lactation// Marine mammals of the Holarctic: Collection of scientific papers after the fifth International Conference. Odessa, Ukraine. October 14–18, 2008. P. 95–100 (In Russ./Eng.).
- Boltnev A.I.* 2011. Northern fur seal of the Commander Islands // M.: VNIRO. 264 p. (In Russ.).
- Boltnev A.I.* 2016. Marine mammals in the ecosystem: population structure of species resulted from r/K-selection// Marine mammals of the Holarctic: Collect. Papers after the 9th Intern. Conf. Astrakhan, Russia 31 October – 05 November, 2016. P. 76–84 (In Russ./Eng.).
- Boltnev A.I.* 2017. Intraspecific r / K-selection in the Northern fur seal // Proceedings of VNIRO. T. 168. P. 4–13 (In Russ.).
- Bychkov V.A.* 1964. Observations of female fur seals on Tyuleniy Island // Izvestia TINRO. T. 54; Proceedings of VNIRO. T. 51. S. 91–95 (In Russ.).
- Vladimirov V.A.* 1998. Population structure and behavior of northern fur seals // Northern fur seal: taxonomy, morphology, ecology, behavior. In 2 parts. M. S. 555–722 (In Russ.).
- Vladimirov V.A., Sadov V.N.* 1982. Seasonal dynamics of the age composition of female fur seals in a harem rookery // Study, protection and rational use of marine mammals: Abstr. report VIII All-Union meeting (Astrakhan, 5–8 Sept. 1982). Astrakhan. S. 71–73 (In Russ.).
- Vladimirov V.A., Lyskin N.N.* 1984. New data on the reproduction and population structure of northern fur seals (*Callorhinus ursinus*) // Zoological journal. T. 63. No. 12. S. 1883–1890 (In Russ., Res. English).
- Vladimirov V.A., Lyskin N.N., Sadovov V.N.* 1982. Some results of studies on the biology of fur seals on the Uriye rookery of Medny Island in 1978–1981. M., VNIRO. 76 p. (In Russ.).
- Chelnokov F.G.* 1982. Homing and the distribution of fur seals in the harem territories of the South-Eastern rookery of Fr. Copper // Study, protection and rac. use of marine mammals. Theses of reports. 8th All-Union. meeting Astrakhan. S. 401–403 (In Russ.).
- Chugunkov D.I.* 1966. On the locality of herds of fur seals living on the Bering and Medny islands // Izvestia TINRO. T. 58. P. 15–21 (In Russ.).

Поступила в редакцию 15.11.2021 г.
Принята после рецензии 14.06.2022 г.



Промысловые виды и их биология

Анализ встречаемости китообразных в Баренцевом море и некоторых факторов, определяющих их распределение в осенне-зимний период 2007–2019 гг.

Р.Н. Клепиковский, В.А. Ившин

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

Цель работы: анализ видового состава, распределения, условий обитания китообразных, а также их встречаемости относительно распространения массовых видов рыб в свободных от льда районах Баренцева моря и прилегающих водах в октябре-декабре.

Материалом исследования послужили данные, собранные Полярным филиалом ВНИРО в период проведения многовидовых тралово-акустических съёмок по учёту молоди и оценке запасов донных рыб Баренцева моря (МВ ТАС), а также информация с промысловых судов.

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

Результаты: представлены данные по видовому составу и встречаемости китообразных, их условиям обитания (температура воды, солёность, глубина места), распространению массовых видов рыб в Баренцевом море в октябре-декабре 2007–2019 гг. Китообразных регистрировали преимущественно в западных районах акватории исследований. По численности преобладали беломордый дельфин и высоколобый бутылконос. Китообразных наблюдали в широком диапазоне температуры (от -0,4 до 8,5 °С) и солёности (34–35,2‰), при средней глубине в местах встреч 376 м. Установлено, что потенциальными объектами питания для усатых китов были мойва, сайка, сельдь, тресочка Эсмарка, а для зубатых – мойва, сайка, сельдь, треска, пикша, путассу, окуни.

Практическая значимость: результаты проведённых исследований могут быть использованы в изучении экологии китообразных в Баренцевом море, в частности, при рассмотрении вопросов их сезонного распределения и встречаемости.

Ключевые слова: китообразные, распределение, встречаемость, глубина, температура и солёность вод.

Analysis of the occurrence of cetaceans in the Barents Sea and some factors determining their distribution in the autumn-winter period of 2007–2019

Roman N. Klepikovskiy, Viktor A. Ivshin

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

The aim of the paper is to analyze the species composition, distribution, habitat conditions of cetaceans, as well as their occurrence in relation to the distribution of mass fish species in ice-free areas of the Barents Sea and adjacent waters in October-December.

The material of the study was the data collected by the Polar Branch of VNIRO during the multi-species trawl-acoustic surveys on the account of juveniles and the assessment of bottom fish stocks in the Barents Sea (MS TAS), as well as information from fishing vessels.

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

Results: Data are presented on the species composition and occurrence of cetaceans, their habitat conditions (water temperature, salinity, depth), distribution of mass fish species in the Barents Sea in October-December 2007–2019. Cetaceans recorded mainly in the western regions of the study area. White-beaked dolphin and northern bottlenose whale predominated in numbers. Cetaceans were observed in a wide range of temperature (from -0.4 to 8.5 °C) and salinity (34–35.2‰), with an average depth of 376 m at the encounter points. Determined, that potential food items for baleen whales were capelin, polar cod, herring, norway pout, and for toothed whales – capelin, polar cod, herring, cod, haddock, blue whiting, redfish.

Keywords: cetaceans, distribution, occurrence, depth, water temperature and salinity.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования китообразных в открытых, свободных ото льда районах Баренцева моря и прилегающих водах проводятся Россией и Норвегией и охватывают в основном летние и частично осенние ме-

сяцы, как наиболее удобное для наблюдений время, когда животные на изучаемой акватории концентрируются в местах скопления корма, так называемых полях нагула. С конца 1980-х гг. учёные Норвегии в июне-августе ведут специализированные учёты ки-

тообразных в северо-восточной Атлантике, а с 1996 г. выполняют 5–6-летние «мозаичные» съёмочные циклы, в том числе и в Баренцевом море. Эти съёмки ориентированы, в первую очередь, на учёт малых полосатиков, также в ходе работ собираются данные по другим видам китов. В последние годы выполнено 4 полных цикла: 1996–2001, 2002–2007, 2008–2013, 2014–2018 гг. данной многолетней программы. Во время съёмочных циклов оценка численности китообразных в Баренцевом море была выполнена в 2003, 2007, 2013 и 2017 гг. [Leonard, Øien 2020 a, b]. Совместные ежегодные российско-норвежские исследования китообразных ведутся с 2004 г. в период проведения экосистемной съёмки Баренцева моря, выполняемой в августе-сентябре. Данные наблюдений представляются в совместных отчётах съёмок, а с 2014 г. также на ежегодной рабочей группе по комплексной оценке Баренцева моря (WGIBAR) [ICES 2019, 2020, 2021].

В последние годы в изучение особенностей распределения китообразных в Баренцевом море, условий среды их обитания, связи с объектами питания большой вклад внесли норвежские учёные. Однако, их работы ограничивались летне-осенним периодом и рассматривались только воды норвежской экономической зоны (НЭЗ) [Skern-Mauritzen et al., 2011; Fall, Skern-Mauritzen, 2014]. В России подобных исследований не проводилось, лишь в 2021 г. была выполнена работа по изучению взаимосвязи распределения массовых видов китообразных и рыбы в летне-осенний период на всей акватории Баренцева моря [Клепиковский и др., 2021].

Информации по распределению китообразных в октябре-декабре в свободных от льда районах Баренцева моря и прилегающих водах практически нет. Осенне-зимний период является сложным для сбора данных, в первую очередь, из-за сокращения продолжительности светлого времени суток, потому объём получаемой информации незначительный. В тоже время этот сезон крайне важен для понимания общей схемы путей миграций и сезонного распределения морских млекопитающих в Баренцевом море.

Цель данной работы — дать характеристику видового состава, распределения, условий обитания китообразных, а также их встречаемости относительно распространения массовых видов рыб в свободных от льда районах Баренцева моря и прилегающих водах в октябре-декабре 2007–2019 гг.

Проведение морских комплексных исследований позволяет более полно определить особенности пребывания различных видов китообразных в Баренцевом море, выявить особенности их распределения на

изучаемой акватории, что является достаточно актуальным направлением исследований.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для работы послужили данные о состоянии моря, китообразных и рыбах, собранные Полярным филиалом ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н.М. Книповича») в период проведения многовидовой тралово-акустической съёмки (МВ ТАС) по учёту молоди и оценке запасов донных рыб Баренцева моря в октябре-декабре 2007–2019 гг. (рис. 1). В работе были также использованы данные по морским млекопитающим, собранные на промысловых судах, работающих в этот период в районе проведения исследований.

В ходе МВ ТАС донных рыб Баренцева моря оценивалась урожайность поколений и запасы трески (*Gadus morhua* L., 1758), пикши (*Melanogrammus aeglefinus* (L., 1758)), морских окуней (*Sebastes* sp.), также определялись запасы чёрного палтуса (*Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum, 1792)), синей (*Anarhichas denticulatus* Krøyer, 1845), пятнистой (*Anarhichas minor* Olafsen, 1772) и полосатой (*Anarhichas lupus* L., 1758) зубаток, камбалы-ерша (*Hippoglossoides platessoides* (Fabricius, 1780)). Кроме того, собирались материалы по малоиспользуемым видам донных рыб, пелагическим рыбам и беспозвоночным. Съёмка выполнялась 1–2 судами, в результате исследованиями закрывалась большая часть акватории Баренцева моря, а также прилегающие воды¹ (см. рис. 1).

В период проведения съёмки выполнялись наблюдения за морскими млекопитающими. Основные визуальные учётывались во время переходов судна на скорости около 8–10 узлов между запланированными точками станций или тралений либо с навигационного мостика, либо с пеленгаторной палубы (верхний мостик). Контролируемый сектор обзора до 180°. Наблюдения осуществлялись визуально без применения оптики, а для уточнения видовой принадлежности отмечаемых животных использовался бинокль. Все встреченные морские млекопитающие определялись до вида, а в случае невозможности их определения, записывались в таблицу учёта как «не установленный» (н. у.), например, кит н. у., дельфин н. у. [Изучение экосистем ..., 2004].

Для описания условий обитания китообразных в каждой точке их наблюдения во время съёмок рассматривались значения температуры и солёности по интерполированным полям распределения этих па-

¹ Методическое пособие по проведению инструментальных съёмок запасов промысловых гидробионтов в районах исследований ПИНРО. 2006. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 99 с.

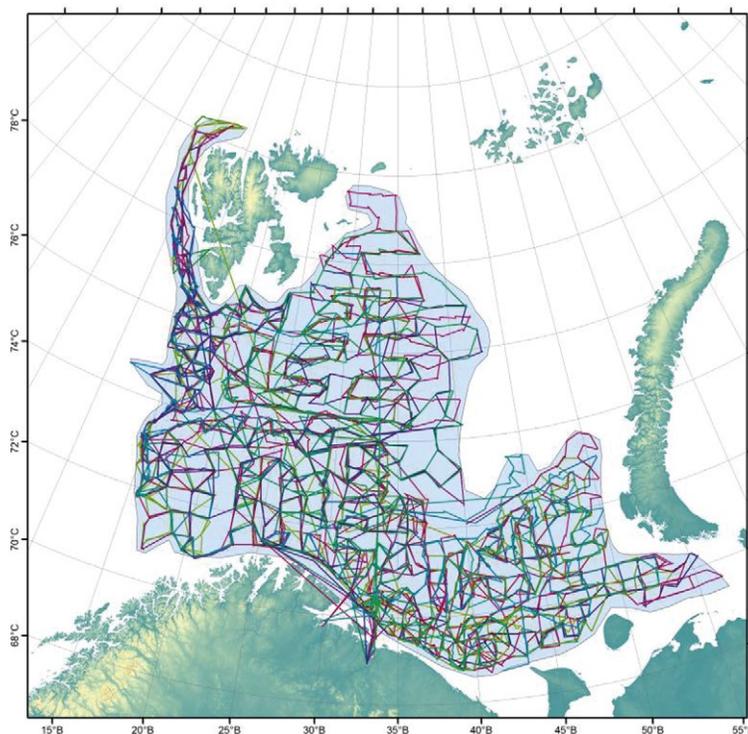


Рис. 1. Район исследований и маршруты судов во время МВ ТАС по учёту молоди и оценке запасов донных рыб Баренцева моря в октябре-декабре 2007–2019 гг.

Fig.1. Research area and routes of vessels during the MS TAS on the account of juveniles and the assessment of stocks of bottom fish in the Barents Sea in October-December 2007–2019

раметров на горизонте 50 м. Глубина места в координатах встречи китообразных определялась на основе цифровой модели рельефа поверхности IBCAO [Jakobsson M. et al., 2020]. Для каждого вида китообразных в период рассматриваемых лет рассчитывались средневзвешенные значения температуры и солёности, где в виде весовой функции использовалось количество животных в точке наблюдений.

Для картирования анализируемых данных использовалось ПО ArcMap 10.2. Акватория Баренцева моря и прилегающих вод была разделена на сетку 50×50 км, где в каждой ячейке формировались временные ряды суммы количества отмеченных китообразных, акустических значений (S_A) мойвы (*Mallotus villosus* (Müller, 1776)), сайки (*Boreogadus saida* (Lepechin, 1774)), сельди (*Clupea* sp.), трески, пикши, сайды (*Pollachius virens* (L., 1758)), окуней, путассу (*Micromesistius poutassou* (Risso, 1827)), тресочки Эсмарка (*Trisopterus esmarkii* (Nilsson, 1855)), средние значения глубины, температуры и солёности на глубине 50 м за период 2007–2019 гг. Распределение полей льда основывалось на данных, полученных с National Snow and Ice Data Center² (University of Colorado, USA).

² Доступно через: <https://nsidc.org/>. 28.04.2022.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведённых наблюдений в октябре-декабре 2007–2019 гг. на акватории Баренцева моря и прилегающих водах было отмечено 90 встреч (582 особи) китообразных. При этом 83% данных были собраны в ходе выполнения МВ ТАС донных рыб, а 17% составили попутные наблюдения в промысловых рейсах. 63,4% наблюдений получено в ноябре, 23,3% в октябре и 13,3% в декабре. По срокам животных наблюдали в период с 22 октября по 30 декабря.

Всего отмечено 7 видов китообразных: беломордый дельфин (*Lagenorhynchus albirostris* Gray, 1846), косатка (*Orcinus orca* (L., 1758)), высоколобый бутылконос (*Hyperoodon ampullatus* (Forster, 1770)), кашалот (*Physeter macrocephalus* L., 1758), малый полосатик (*Balaenoptera acutorostrata* Lacépède, 1804), горбач (*Megaptera novaeangliae* (Borowski, 1781)), финвал (*Balaenoptera physalus* (L., 1758)). Самым многочисленным (368 экз.) был беломордый дельфин. Вторым по количеству (127 экз.) являлся высоколобый бутылконос, встречаемость которого была самая большая (32 группы) в период исследований. Самая низкая встречаемость отмечена для финвала (табл. 1).

Китообразные наблюдались преимущественно в западных районах акватории исследований. Более

Таблица 1. Встречаемость (число групп) и количество (экз.) китообразных, зарегистрированных в Баренцевом море в октябре-декабре 2007–2019 гг.

Table 1. Occurrence (number of groups) and sum (specimens) of cetaceans registered in the Barents Sea in October-December 2007–2019

Вид	Съёмочные рейсы		Промысловые рейсы		Итого	
	Групп	Жив.	Групп	Жив.	Групп	Жив.
Малый полосатик	8	12	2	2	10	14
Финвал	2	2	–	–	2	2
Горбач	3	4	1	3	4	7
Беломордый дельфин	24	368	–	–	24	368
Косатка	6	30	–	–	6	30
кашалот	4	6	5	21	9	27
Высокособый бутылконос	25	107	7	20	32	127
Кит н/у	2	2	–	–	2	2
Дельфин н/у	1	5	–	–	1	5
Общий итог	75	536	15	46	90	582

80% от всех встреч и свыше 60% от общего количества животных зарегистрировано западнее 35° в. д. (рис. 2).

Самым распространённым видом был представитель зубатых китов (Odontoceti) – беломордый дель-

фин, которого встречали практически на всей акватории исследований, в основном, небольшими группами до 10 экз., но регистрировали и более крупные, численностью 15–60 экз. Наиболее многочисленное скопление беломордых дельфинов (100 экз.) отмечено

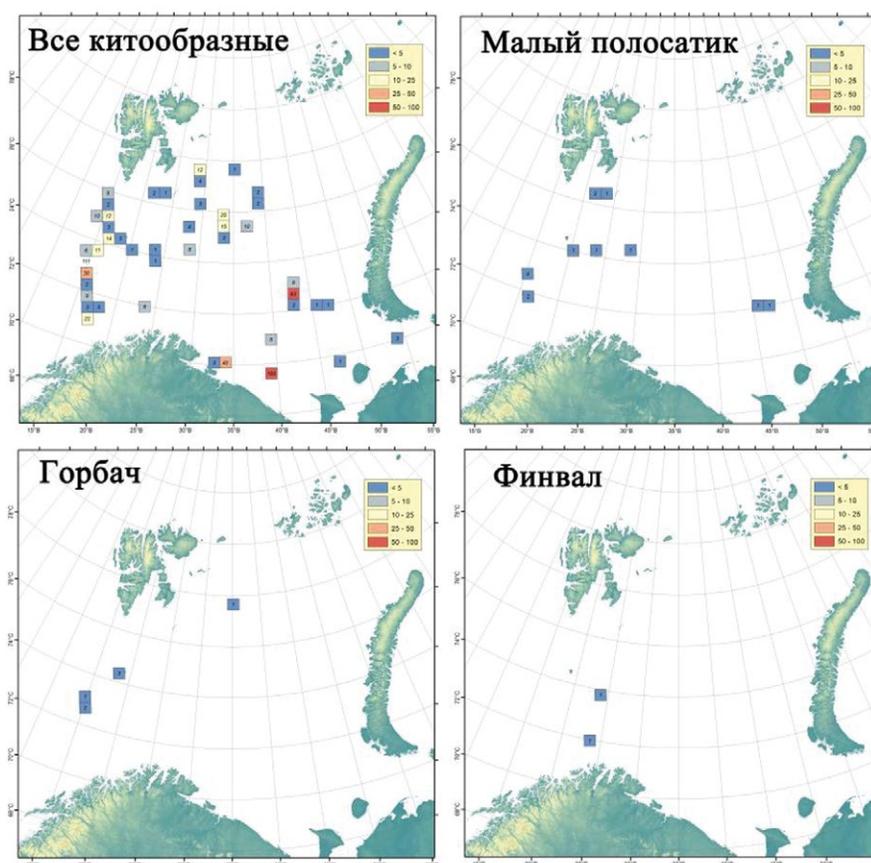


Рис. 2. Распределение китообразных в Баренцевом море в октябре-декабре 2007–2019 гг.

Fig. 2. Distribution of cetaceans in the Barents Sea in October-December 2007–2019

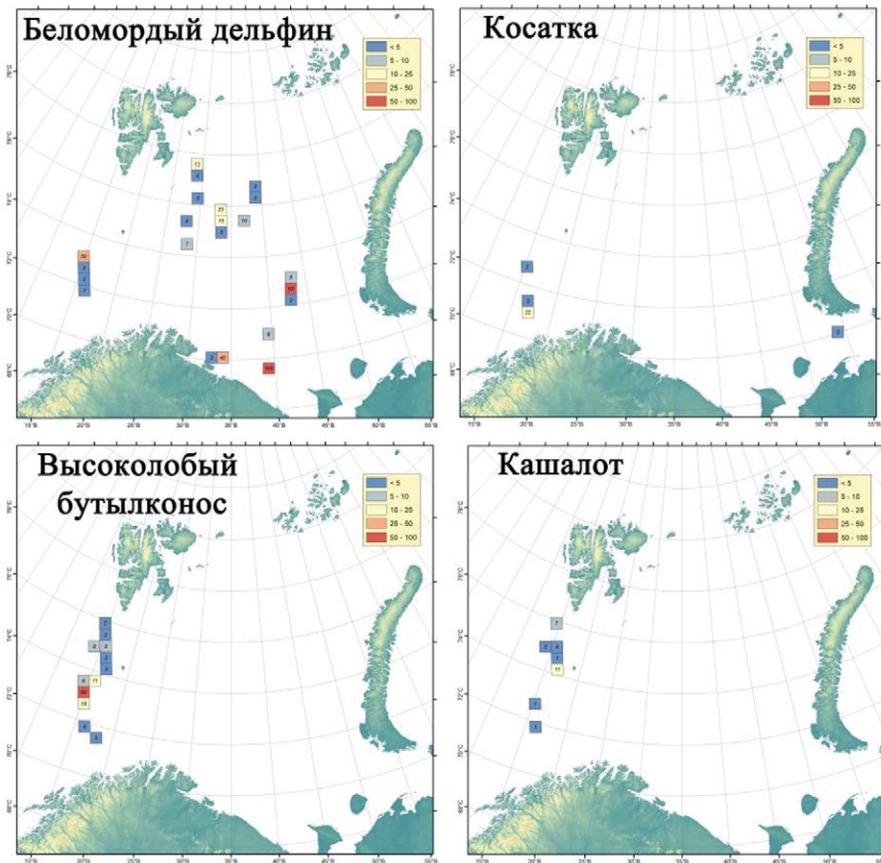


Рис. 2 (Окончание). Распределение китообразных в Баренцевом море в октябре-декабре 2007–2019 гг.

Fig. 2. Distribution of cetaceans in the Barents Sea in October-December 2007–2019

на юге Баренцева моря, вблизи побережья Кольского п-ова. Косатку наблюдали на западе моря группами до 22 экз., а также в Печёрском море. Высоколобого бутылконоса регистрировали достаточно часто в западных районах, группами до 15 экз. Кашалота также встречали только на западе моря одиночно или группами 2–10 особей (см. рис. 2).

Среди усатых китов (Mysticeti) регистрировали малого полосатика, одиночно или группами 2–4 экз., в основном, на участках западнее 30° в. д., у островов Медвежий и Надежда, и на свале глубин в районе $72\text{--}73^{\circ}$ с. ш. Отдельные экземпляры данного вида отмечены на 72° с. ш. и $45\text{--}47^{\circ}$ в. д. Горбача встречали преимущественно в западных районах моря и у о. Медвежий, а также севернее 77° с. ш., одиночно или группами 2–3 особи. Финвала наблюдали одиночно в южных районах, западнее 25° в. д. (см. рис. 2).

Китообразных встречали как в районах, значительно удалённых от льда, так и достаточно близко к ледовой кромке на севере акватории исследований (рис. 3).

Было установлено, что в целом, животные распределялись в диапазонах температуры воды от $-0,4$

до $8,5^{\circ}\text{C}$, солёности $34,0\text{--}35,2$, при глубине места $53\text{--}1630$ м (табл. 2). Более 80% встреч китообразных отмечено в диапазоне температур воды от 3 до 8°C , и более 70% отметок при изменениях солёности $34,7\text{--}35,1$. Около 70% китообразных зарегистрировано в районах с глубинами $200\text{--}600$ м.

Анализ данных показателей для усатых китов выявил следующие особенности. Малого полосатика наблюдали в районах с глубинами $53\text{--}488$ м. Диапазон температуры воды на горизонте 50 м в местах его встреч составил $0,1\text{--}7,1^{\circ}\text{C}$, солёности $34,1\text{--}35,1$ (рис. 4).

Финвала встречали на участках с глубинами $277\text{--}435$ м. Температура воды в местах его встреч варьировала в пределах $4,2\text{--}8,5^{\circ}\text{C}$, солёность $34,0\text{--}35,1$. Определено, что данный вид наблюдали в более широком диапазоне солёности по сравнению с другими рассматриваемыми видами усатых китов и в более тёплых водах с относительно небольшой амплитудой изменчивости.

Глубины в районе регистраций горбача составляли $148\text{--}538$ м, температура воды $-0,4\text{--}7,5^{\circ}\text{C}$, солёность $34,2\text{--}35,0$. По сравнению с другими усатыми ки-

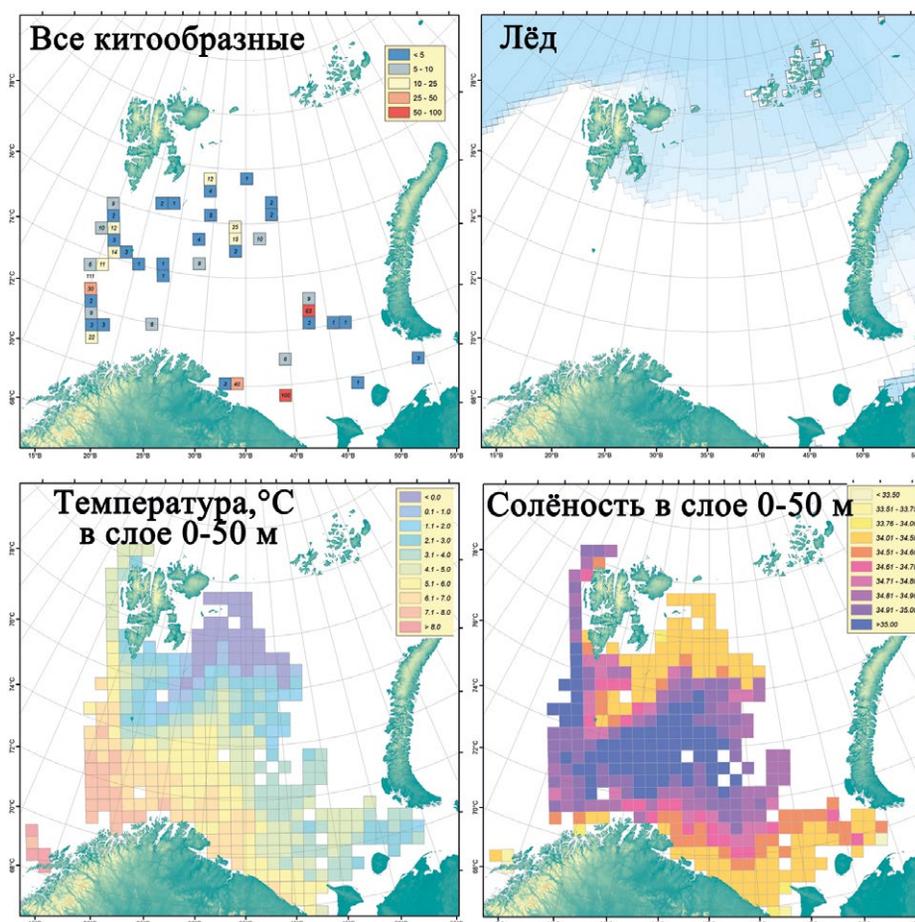


Рис. 3. Распределение китообразных, ледовой кромки, температуры и солёности воды на горизонте 50 м в Баренцевом море в октябре-декабре 2007–2019 гг.

Fig. 3. Distribution of cetaceans, ice, temperature and salinity of water at the 50 m depth in the Barents Sea in October-December 2007–2019

Таблица 2. Показатели температуры и солёности воды слоя воды 50 м, а также глубины районов встреч для китообразных в Баренцевом море в октябре-декабре 2007–2019 гг.

Table 2. Indicators of water temperature and salinity in the 50 m water layer, as well as the depth of the encountering areas for cetaceans in the Barents Sea in October-December 2007–2019

Вид	Температура воды, °C		Солёность		Глубина, м	
	диапазон	средняя	диапазон	средняя	диапазон	средняя
Малый полосатик	0,1–7,1	4,4	34,1–35,1	34,8	53–488	334
Горбач	–0,4–7,5	4,1	34,2–35,0	34,5	148–538	310
Финвал	4,2–8,5	6,4	34,0–35,1	34,6	277–435	356
Беломордый дельфин	0,6–8,2	4,4	34,3–35,1	34,8	140–927	277
Косатка	2,2–8,2	7,0	34,4–35	34,5	81–589	278
Высоколобый бутылконос	4,3–8,5	6,9	34,6–35,2	35	263–1630	652
Кашалот	5,3–7,8	5,9	34,6–35,0	35	487–1470	601
Все китообразные	–0,4–8,5	5,2	34–35,2	34,8	53–1630	376

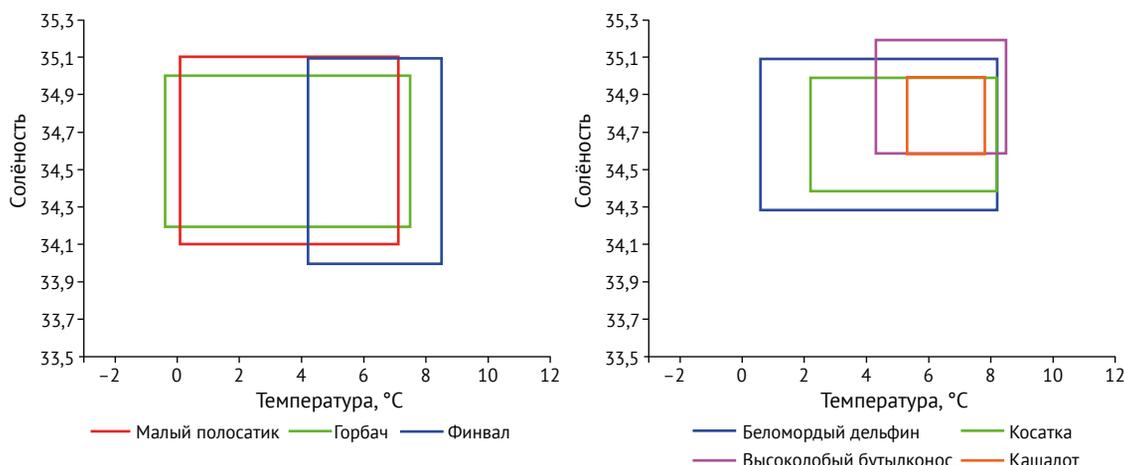


Рис. 4. Диапазоны температуры и солёности воды на горизонте 50 м в местах встреч усатых (слева) и зубатых (справа) китов в Баренцевом море в октябре-декабре 2007–2019 гг.

Fig. 4. Ranges of water temperature and salinity at the 50 m level at the encounter points of baleen (left) and toothed (right) whales in the Barents Sea in October-December 2007–2019

тами данный вид отмечался в максимально широком диапазоне температуры воды, включающем отрицательные её значения.

Исследованиями показателей температуры, солёности воды в слое 50 м, а также глубины в местах регистраций для зубатых китов были получены следующие результаты:

Беломордого дельфина встречали в районах с глубинами 140–927 м, более 80% встреч с ним отмечено в местах не глубже 400 м. Вид наблюдали в районах с диапазоном температуры воды 0,6–8,2 °C (более 60% встреч отмечено в границах от 2 до 5 °C), а солёности – 34,3–35,1. При этом у беломордого дельфина были отмечены самые широкие границы изменчивости диапазонов термохалинных характеристик вод среди зубатых китов (см. рис. 4).

Косатку наблюдали на участках с глубинами 81–589 м, большинство встреч с ней регистрировали в местах глубже 500 м. В районах наблюдений вида температура воды варьировала в пределах 2,2–8,2 °C, солёность 34,4–35,0, что несколько меньше, чем у беломордого дельфина.

Высоколобого бутылконоса, по сравнению с предыдущими видами, отмечали на акваториях с меньшим диапазоном температуры и солёности (4,3–8,5 °C и 34,6–35,2, соответственно), а именно, в более тёплых и солёных водах. Данный вид регистрировали в районах с глубинами 263–1630 м, с наибольшей встречаемостью (более 70% случаев) на 400–800 м.

Кашалота наблюдали в водах с более узким диапазоном температуры и солёности среди зубатых китов (5,3–7,8 °C и 34,6–35,0, соответственно), а так-

же в глубоководных районах 487–1470 м, преимущественно над глубинами 400–600 м.

Китообразных встречали в районе распределения всех видов рыб, используемых в анализе, из которых наибольшую плотность и площадь распределения на акватории исследований имели треска, пикша и мойва (рис. 5). Эти виды рыб могли быть основными объектами питания для китообразных, отмеченных в рассматриваемый период исследований в Баренцевом море.

Известно, что беломордый дельфин питается стайными рыбами (сельдь, треска, мойва), а также головоногими моллюсками (Cephalopoda) [Атлас..., 1980; Kinze, 2002]. По результатам проведённого анализа в рассматриваемые сроки беломордого дельфина на севере своего распределения регистрировали в местах скопления мойвы, сайки, трески, на западе – путассу, окуня, на юго-востоке – трески, пикши, сельди (см. рис. 2, 5).

По литературным данным высоколобый бутылконос питается преимущественно несколькими видами головоногих моллюсков, в основном кальмарами рода *Gonatus* [Hooker et al., 2001]. Так же в рацион питания входят рыбы (треска, сельдь), морские звезды (Asteroidea) и морские огурцы (Holothuroidea).³ Высоколобого бутылконоса отмечали в западных районах акватории исследований, где основные его скопления совпадали с концентрациями путассу, окуня, тресковых. По данным наблюдений с научных и промыс-

³ COSEWIC (Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada) assessment and update status report on the northern bottlenose whale *Hyperoodon ampullatus* (Scotian shelf population) in Canada. 2002. Ottawa. 22 p.

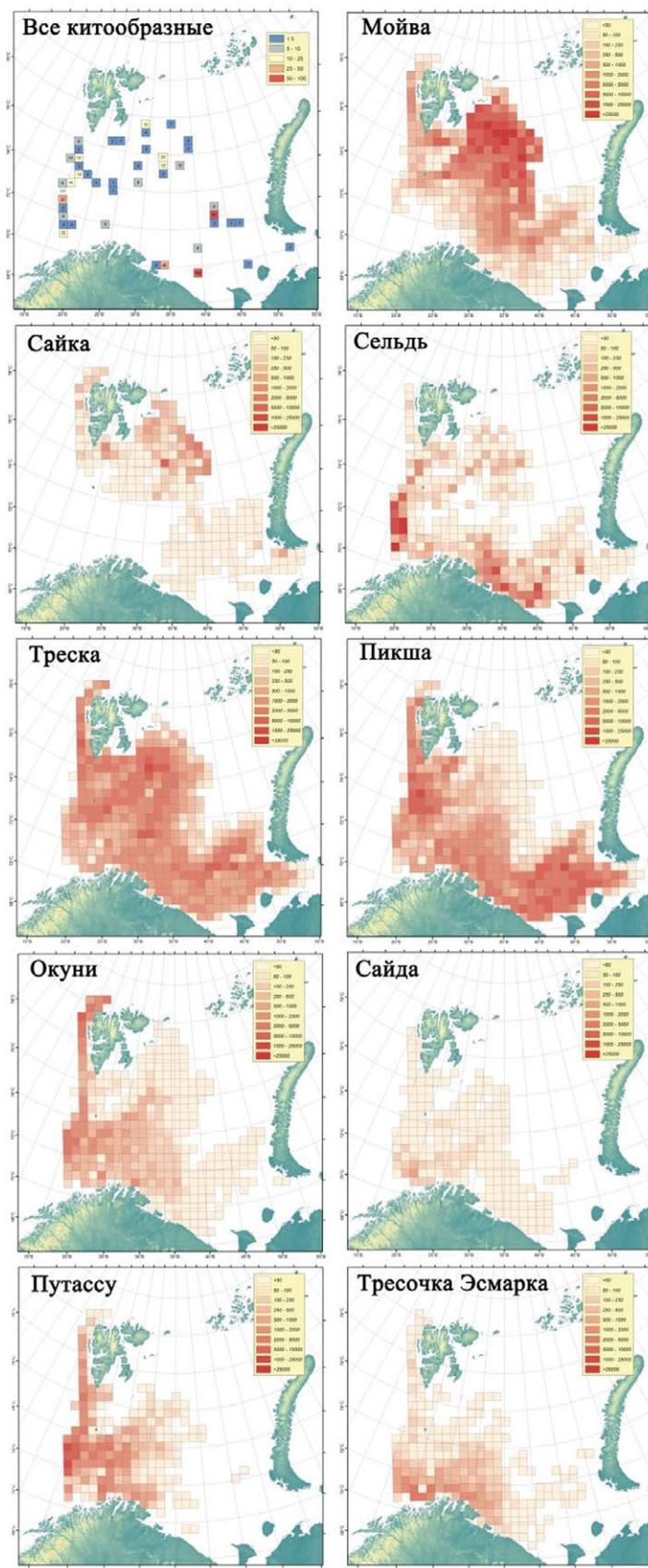


Рис. 5. Распределение китообразных и рыбы в Баренцевом море в октябре-декабре 2007–2019 гг.
 Fig. 5. Distribution of cetaceans and fish in the Barents Sea in October-December 2007–2019

ловых судов было отмечено, что при выборке трала с уловом чёрного палтуса животные появлялись у поднятого на поверхность воды тралового мешка, собирали выпадающую рыбу или вырывали её из ячеи. На ярусном промысле наблюдали, как бутылконосы срывали часть рыбы с крючков при выборке яруса [Клепиковский, Шестопал, 2006]. Таким образом, бутылконос в период исследований в районах рыбного промысла мог кормиться не типичным для него объектом питания – чёрным палтусом.

В питании кашалотов преобладают головоногие моллюски, главным образом, кальмары и, в меньшей степени, осьминоги (*Octopoda*). Второй группой имеющих значение в питании кашалотов являются рыбы, которых зарегистрировано несколько видов, в том числе акулы (*Selachii*), скаты (*Batomorphi*), треска и др. [Атлас..., 1980]. Кашалота, как и высоколобого бутылконоса, наблюдали только в глубоководных западных районах. На промысле чёрного палтуса отмечены подходы этих китов к судам во время подъёма трала и поедание выпавшей из мешка рыбы. Пищевой рацион кашалота очень схож с таковым у высоколобого бутылконоса и, как показали наблюдения, вид в районе промысла мог также переключаться на не характерный для него объект питания – чёрного палтуса.

В пищевой рацион косатки входят различные виды рыб, в том числе сельдь, треска, мойва, палтус (*Hippoglossus* sp.), скаты, акулы, а также кальмары, осьминоги, морские птицы и морские млекопитающие [Ford et al., 1998; Saulitis et al., 2000]. В период наблюдений в западных и восточных районах косатку отмечали в местах скопления сельди.

Малый полосатик в Северной Атлантике кормится преимущественно рыбой. В его пищевой рацион входят песчанка (*Ammodytes* sp.), мойва, сайка, скумбрия (*Scomber scombrus* L., 1758), треска, мерланг (*Merlangius merlangus* (L., 1758)), килька (*Clupeonella* sp.), зубатки (*Anarhichas* sp.), сайда, пикша, сельдь, а также эвфаузииды (*Euphausiacea*) и копеподы (*Copepoda*) [Stewart, Leatherwood, 1985]. Проведёнными исследованиями на севере малого полосатика регистрировали в местах скопления мойвы, сайки, трески, на западе – сельди, на востоке – сельди, трески, пикши. Кроме этого, с промысловых судов на востоке Баренцева моря отмечались малые полосатики, которые подбирали выпадающую из орудий лова треску и пикшу.

Видовой состав пищи горбачей гораздо разнообразнее, чем у других видов полосатиков. Основными объектами питания являются рыбы и макропланктон [Атлас..., 1980]. Среди рыб отмечали сельдь, мойву, скумбрию, песчанку [Hain et al., 1982]. Наблюдения

ми на севере и у о. Медвежий горбача отмечали на скоплениях мойвы и сайки, а на западе – сельди.

Пищевой рацион финвала отличается большим разнообразием, в него входят криль, копеподы и пелагические рыбы: мойва, молодь сельди, скумбрия, путассу, иногда небольшие кальмары [Aguilar, 2009]. В результате выполненного анализа, установлено, что финвала наблюдали в местах концентраций мойвы, тресочки Эсмарка, сельди.

Проведёнными исследованиями распределения китообразных и рыб с использованием литературных данных о кормовой специализации рассматриваемых в статье видов животных было установлено, что возможными объектами питания для усатых китов могли быть мойва, сайка, сельдь, тресочка Эсмарка, а для зубатых – мойва, сайка, сельдь, треска, пикша, путассу, окуни.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Китообразных в осенне-зимний период в Баренцевом море наблюдали преимущественно в западных районах, где скапливалось основное количество рыбы. Животных регистрировали как в местах, значительно удалённых от льда, так и достаточно близко к ледовой кромке. По численности из рассматриваемых видов преобладали беломордый дельфин и высоколобый бутылконос. Наибольшее количество встреч животных отмечено в районе глубин 200–600 м, при температуре воды 3–8 °С и солёности 34,7–35,1 на глубине 50 м. При этом по всем видам средние значения температуры составили 5,2 °С, солёности 34,8, глубины 376 м, т. е. животных в период исследований, в целом, наблюдали в относительно глубоких, тёплых и солёных водах.

Установлено, что горбачи, беломордые дельфины и малые полосатики встречались в районах с самыми широкими температурными диапазонами, в том числе (в случае горбача) и с отрицательными значениями. Кашалотов отмечали в водах с минимальными изменениями температуры воды. Финвалов, по сравнению с другими видами, регистрировали в акваториях с наибольшим диапазоном солёности.

Китообразные присутствовали в районе распределения всех видов рыб, используемых в анализе. Сравнение распределения животных и рыбы показало, что приоритетными потенциальными объектами питания для усатых китов были мойва, сайка, сельдь, тресочка Эсмарка, а для зубатых – мойва, сайка, сельдь, треска, пикша, путассу, окуни.

Таким образом, анализ данных, представленных в статье, показал, что китообразные в Баренцевом море в осенне-зимний период встречались при тем-

пературе воды от –0,4 до 8,5 °С, солёности 34,0–35,2, глубине места 53–1630 м, а их возможными кормовыми объектами являлись мойва, сайка, сельдь, треска, пикша, путассу, окуни, тресочка Эсмарка.

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 Полярного филиала ВНИРО по теме «Оценка состояния, распределения, численности и воспроизводства водных биологических ресурсов, а также среды их обитания».

ЛИТЕРАТУРА

- Атлас морских млекопитающих СССР*. 1980. М.: Пищевая пром-ть. 183 с.
- Изучение экосистем рыбохозяйственных водоёмов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки*. 2004. Вып. 1. Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в морях Европейского Севера и Северной Атлантики. 2-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во ВНИРО. 299 с.
- Клепиковский Р.Н., Шестопал И.П.* 2006. Высоколобый бутылконос (*Hyperoodon ampullatus*) Баренцева моря: распределение в осенний период, взаимодействие с рыболовными судами // *Морские млекопитающие Голарктики*. Сб. науч. трудов по мат. IV межд. конф. Санкт-Петербург, Россия, (10–14 сентября 2006). СПб.: Изд-во Совет по морским млекопитающим. С. 246–249.
- Клепиковский Р.Н., Ившин В.А., Трофимов А.Г.* 2021. Сравнительный анализ распределения массовых видов китообразных и рыб в Баренцевом море // *Известия ТИНРО*. Т. 201. Вып. 4. С. 755–764.
- Aguilar A.* 2009. Finwhale // *Encyclopedia of marine mammals*. 2 ed. San Diego, Academic Press. P. 433–437.
- Buckland S.T., Turnock B.J.* 1992. A robust line transect method // *Biometrics*. V. 48 (3). P. 901–909.
- Buckland S.T., Anderson D.R., Burnham K.P., Laake J.L., Borchers D.L., Thomas L.* 2001. Introduction to Distance Sampling. New York: Oxford University Press. 432 pp.
- Fall J., Skern-Mauritzen M.* 2014. White-beaked dolphin distribution and association with prey in the Barents Sea // *Marine Biology Research*. V. 10. P. 957–971.
- Ford J.K.B., Ellis G.M., Barrett-Lennard L.G., Morton A.B., Palm R.S., Balcomb K.C.* 1998. Dietary specialization in two sympatric populations of killer whales (*Orcinus orca*) in coastal British Columbia and adjacent waters // *Can. J. Zool.* V. 76. P. 1456–1471.
- Hain J.H.W., Carter G.R., Kraus S.D., Mayo C.A., Winn H.E.* 1982. Feeding behaviour of the humpback whale, Megaptera

novaeangliae, in the western North Atlantic // *Fish. Bull.* V. 80. P. 259–268.

Hooker S.K., Iverson S.J., Ostrom P., Smith S. 2001. C. Diet of northern bottlenose whales inferred from fatty-acid and stableisotope analyses of biopsy samples. // *Can. J. Zool.* V. 79. P. 1442–1454.

ICES. 2019. The Working Group on the Integrated Assessments of the Barents Sea (WGIBAR). ICES Scientific Reports. 1:42. 158 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5536>

ICES. 2020. Working Group on the Integrated Assessments of the Barents Sea (WGIBAR). ICES Scientific Reports. 2:30. 206 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5998>

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>

Jakobsson M., Mayer L., Bringenspar C. et al. 2020. The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean Version 4.0. // *Scientific Data*. V. 7. № 176. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0520-9>.

Kinze C. C. 2002. White-beaked dolphin *Lagenorhynchus albirostris*. // *Encyclopedia of Marine Mammals*. San Diego: Academic Press. 2002. P. 94–99.

Leonard D., Øien N. 2020 a. Estimated Abundances of Cetacean Species in the Northeast Atlantic from Two Multiyear Surveys Conducted by Norwegian Vessels between 2002–2013. NAMMCO Scientific Publications, 11. <https://doi.org/10.7557/3.4695>

Leonard D., Øien N. 2020 b. Estimated Abundances of Cetacean Species in the Northeast Atlantic from Norwegian Shipboard Surveys Conducted in 2014–2018. NAMMCO Scientific Publications, 11. <https://doi.org/10.7557/3.4694>

Saulitis E., Matkin C., Barrett-Lennard L., Heise, K., Ellis G. 2000. Foraging strategies of sympatric killer whale (*Orcinus orca*) populations in Prince William Sound, Alaska // *Mar. Mamm. Sci.* V.16. P. 94–109.

Skern-Mauritzen M., Johannesen E., Bjørge A., Øien N. 2011. Baleen whale distributions and prey associations in the Barents Sea // *Marine Ecology Progress Series*. V. 426. P. 289–301.

Stewart B.S., Leatherwood S. 1985. Minke whale *B. alaeoptera acutorostrata* Lacepede, 1804. // *Handbook of Marine Mammals*. San Diego: Academic Press. V. 3. P. 91–136

REFERENCES

- Atlas of Marine Mammals of the USSR*. 1980. Food industry. 183 p.
- Research of ecosystems* of fishery reservoirs, collection and processing of data on water biological resources, equipment and technology for their extraction and processing. 2004. Is. 1. Instructions and guidelines for the collection and processing of biological information in the seas of the European North and the North Atlantic. 2nd ed., Rev. and additional. M.: VNIRO. 299 p.
- Klepikovskiy R.N., Shestopal I.P.* 2006. Northern bottlenose whale (*Hyperoodon ampullatus*) of the Barents Sea: distribution in autumn, interaction with fishing vessels. // *Marine mammals of the Holarctic*. Sat. scientific Proceedings based on the materials of the fourth international conference, St. Petersburg, Russia,

- (September 10–14, 2006). St. Petersburg. Press. Marine Mammal Council. P. 246–249.
- Klepikovskiy R.N., Ivshin V.A., Trofimov A.G. 2021. Comparative analysis of the distribution of mass species of cetaceans and fish in the Barents Sea // *Izvestiya TINRO*. V. 201, № 4. P. 755–764
- Aguilar A. 2009. Finwhale // *Encyclopedia of marine mammals*. 2 ed. San Diego, Academic Press. P. 433–437.
- Buckland S.T., Turnock B.J. 1992. A robust line transect method // *Biometrics*. V. 48 (3). P. 901–909.
- Buckland S.T., Anderson D.R., Burnham K.P., Laake J.L., Borchers D.L., Thomas L. 2001. *Introduction to Distance Sampling*. New York: Oxford University Press. 432 pp.
- Fall J., Skern-Mauritzen M. 2014. White-beaked dolphin distribution and association with prey in the Barents Sea // *Marine Biology Research*. V. 10. P. 957–971.
- Ford J.K.B., Ellis G.M., Barrett-Lennard L.G., Morton A.B., Palm R.S., Balcomb K.C. 1998. Dietary specialization in two sympatric populations of killer whales (*Orcinus orca*) in coastal British Columbia and adjacent waters // *Can. J. Zool.* V. 76. P. 1456–1471.
- Hain J.H.W., Carter G.R., Kraus S.D., Mayo C.A., Winn H.E. 1982. Feeding behaviour of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in the western North Atlantic // *Fish. Bull.* V. 80. P. 259–268.
- Hooker S.K., Iverson S.J., Ostrom P., Smith S. 2001. C. Diet of northern bottlenose whales inferred from fatty-acid and stableisotope analyses of biopsy samples. // *Can. J. Zool.* V. 79. P. 1442–1454.
- ICES. 2019. The Working Group on the Integrated Assessments of the Barents Sea (WGIBAR). ICES Scientific Reports. 1:42. 158 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5536>
- ICES. 2020. Working Group on the Integrated Assessments of the Barents Sea (WGIBAR). ICES Scientific Reports. 2:30. 206 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5998>
- 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>
- Jakobsson M., Mayer L., Bringensparr C. et al. 2020. The International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean Version 4.0. // *Scientific Data*. V. 7. № 176. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0520-9>.
- Kinze C.C. 2002. White-beaked dolphin *Lagenorhynchus albirostris*. // *Encyclopedia of Marine Mammals*. San Diego: Academic Press. 2002. P. 94–99.
- Leonard D., Øien N. 2020 a. Estimated Abundances of Cetacean Species in the Northeast Atlantic from Two Multiyear Surveys Conducted by Norwegian Vessels between 2002–2013. NAMMCO Scientific Publications, 11. <https://doi.org/10.7557/3.4695>
- Leonard D., Øien N. 2020 b. Estimated Abundances of Cetacean Species in the Northeast Atlantic from Norwegian Shipboard Surveys Conducted in 2014–2018. NAMMCO Scientific Publications, 11. <https://doi.org/10.7557/3.4694>
- Saulitis E., Matkin C., Barrett-Lennard L., Heise, K., Ellis G. 2000. Foraging strategies of sympatric killer whale (*Orcinus orca*) populations in Prince William Sound, Alaska // *Mar. Mamm. Sci.* V.16. P. 94–109.
- Skern-Mauritzen M., Johannesen E., Bjørge A., Øien N. 2011. Baleen whale distributions and prey associations in the Barents Sea // *Marine Ecology Progress Series*. V. 426. P. 289–301.
- Stewart B.S., Leatherwood S. 1985. Minke whale *B. alaeoptera acutorostrata* Lacepede, 1804. // *Handbook of Marine Mammals*. San Diego: Academic Press. V. 3. P. 91–136

Поступила в редакцию 05.05.2022 г.
Принята после рецензии 10.06.2022 г.



Промысловые виды и их биология

Взаимодействия морских птиц с орудиями лова на траловых промыслах минтая и кальмара в северо-западной части Берингова моря в безлёдный период

Ю. Б. Артюхин

Камчатский филиал Тихоокеанского института географии («КФ ТИГ ДВО РАН»), пр. Рыбаков, 19 а, г. Петропавловск-Камчатский, 683024
E-mail: artukhin61@mail.ru

Цель работы: выявление видоспецифичных особенностей взаимодействия морских птиц с траловыми орудиями лова, сравнение полученных результатов с аналогичными данными с охотоморских промыслов.

Используемые методы: анализ основан на материалах, собранных на борту большого морозильного траулера в сентябре–октябре 2021 г. в северо-западной части Берингова моря по методике, используемой при подобных исследованиях в других районах Тихого океана и апробированной автором в Охотоморской минтаевой экспедиции в 2015 и 2020 гг.

Новизна: результаты исследований подтверждают, что на траловых промыслах в Беринговом море наибольшую опасность для птиц представляет кабель прибора контроля трала – сетного зонда. В осенний период промысла основная часть столкновений птиц с орудиями лова (61,8%) приходится на тонкоклювых буревестников, образующих в это время массовые скопления вокруг траулеров. Как правило, контакты птиц с тросами трала бывают лёгкими и не угрожают их жизни, но в 0,3% случаев происходят тяжёлые столкновения, приводящие к гибели птиц. Частота контактов с орудиями лова для всех птиц зависит от их численности около судна и направления ветра относительно курса, а у глупышей – ещё и от интенсивности сброса отходов обработки уловов из рыбозавода.

Практическая значимость: полученные результаты необходимы для процесса экологической сертификации специализированного тралового промысла минтая в Западно-Беринговоморской зоне.

Ключевые слова: морские птицы, белоспинный альбатрос *Phoebastria albatrus*, прилов, траловый промысел, минтай, Берингово море.

Interactions of seabirds with fishing gear in pollock and squid trawl fisheries in the northwestern part of the Bering Sea during the ice-free period

Yuri B. Artukhin

Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute («KB PGI FEB RAS»), 19a, pr. Rybakov, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683024, Russia
E-mail: artukhin61@mail.ru

Purpose of the work: Identification of species-specific features of seabird interactions with trawl fishing gear, comparison of the results obtained with the same data from the Sea of Okhotsk trawl fisheries.

Methods used: The analysis is based on materials collected on board a large freezing trawler in September–October 2021 in the northwestern part of the Bering Sea according to the methodology used in similar studies in other areas of the Pacific Ocean and tested by the author in the Sea of Okhotsk pollock expedition in 2015 and 2020.

Novelty: The results of the research confirm that the net sonar third wire cable poses the greatest danger to birds in the trawl fisheries in the Bering Sea. During the autumn fishing period, the main part of bird collisions with fishing gear (61.8%) falls on short-tailed shearwaters, which form mass concentrations around trawlers at this time. As a rule, bird contacts with trawl wires are light and do not threaten their lives, but in 0.3% of cases, severe collisions occur, leading to the death of birds. The frequency of contacts with fishing gear for all birds depends on their number near the vessel and the direction of the wind relative to the course, and in northern fulmars it also depends on the intensity of the discharge of catch processing from the fish factory.

Practical significance: The results obtained are necessary for the process of ecological certification of the specialized pollock trawl fishery in the West Bering Sea zone.

Keywords: seabirds, short-tailed albatross *Phoebastria albatrus*, by-catch, trawl fishery, pollock, Bering Sea.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в отечественном рыболовстве всё большее распространение получает экологическая сертификация промыслов по стандартам Морского попечительского совета – Marine Stewardship

Council (MSC) [Lajus et al., 2018]. По инициативе НКО «Ассоциация добытчиков минтая» (АДМ) в 2013 г. сертификат MSC получил крупнейший специализированный траловый промысел минтая *Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814 в Охотском море. А в 2021 г. АДМ успешно

завершила MSC сертификацию второго по величине минтаевого промысла в Западно-Берингоморской рыболовной зоне, а также промысел восточно-камчатского минтая в Петропавловско-Командорской подзоне и Северо-Курильской зоне. Одним из основных принципов сертификации рыболовных промыслов является оценка их воздействия на экосистемы. В связи с этим АДМ организует научно-исследовательские работы по этой теме, включая изучение влияния промысла на состояние популяций морских птиц. Такие исследования, ставшие пионерными для российских морей, были выполнены в зимней Охотоморской минтаевой экспедиции в 2015 и 2020 гг.

В 2021 г. по предложению АДМ мы продолжили исследования в Беринговом море, где специализированный промысел минтая проходит, главным образом, в летне-осенний безлёдный период. Работы выполняли на борту такого же крупнотоннажного траулера типа БМРТ с аналогичным промысловым оборудованием и снаряжением (рис. 1). Однако особенности взаимодействий птиц с траловыми орудиями лова зависят не только от свойств их конструкции и эксплуатации, но также от ледовой обстановки и видоспецифических особенностей распределения и поведения птиц, формирующих околосудовые скопления [Артю-

хин, 2019 с; 2021 б]. В связи с этим результаты наблюдений, полученные в 2021 г., представляют определённый интерес, т. к. расширяют наши представления о закономерностях взаимодействий птиц с рыболовными орудиями на траловых промыслах.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в осенний период 2021 г. в Западно-Берингоморской рыболовной зоне на борту БМРТ «Матвей Кузьмин» (АО «Океанрыбфлот»). Траулер был оснащён типичным для данного типа судов промысловым оборудованием. Для лова основного объекта промысла – минтая – использовали разноглубинный трал № 154/1120, а для попутного лова командорского кальмара *Beryteuthis magister* (Berry, 1913) – донный трал № 102/46.98. Для контроля глубины и степени раскрытия трала применяли кабельный сетной зонд эхолотного типа двух моделей: Furuno TS-331 и Simrad FS-70. Спецификация и особенности расположения ваеров (буксировочных тросов от трала к выборочным лебёдкам) и кабеля сетного зонда представлены в табл. 1.

Наблюдения вели в течение 40 судосутки лова в период с 9 сентября по 23 октября за границей территориальных вод вдоль северо-восточного побережья Корякского нагорья (Дежнёвский участок) на уда-



Рис. 1. Внешний вид крупнотоннажного траулера типа БМРТ и расположение кабеля прибора контроля трала – сетного зонда (1), правого ваера (2) и левого ваера (3) на стадии траления

Fig. 1. The appearance of a large-tonnage trawler of the BMRT type and the location of net sonar third wire cable (1), right warp (2) and left warp (3) at the trawling stage

Таблица 1. Характеристика ваеров и кабелей сетных зондов на БМРТ «Матвей Кузьмин»**Table 1.** Specifications of warps and net sonar third wire cables on the BMRT «Matvey Kuzmin»

Характеристика	Значение
Диаметр ваера, мм	32,0
Диаметр кабеля зонда на разноглубинном трале, мм	9,8
Диаметр кабеля зонда на донном трале, мм	9,1
Расстояние между ваерами на уровне кормы, м	8,0
Расстояние от ваера до ближнего угла кормы, м	2,5
Высота расположения блока ваера на корме, м	6,0
Расстояние от кормы до входа ваера в воду, м	10,0
Расстояние между блоками кабелей зондов, м	3,0
Расстояние от кабеля зонда до ближнего угла кормы, м	5,0
Высота расположения блока кабеля зонда на корме, м	8,0
Расстояние от кормы до входа кабеля зонда в воду, м	30,0

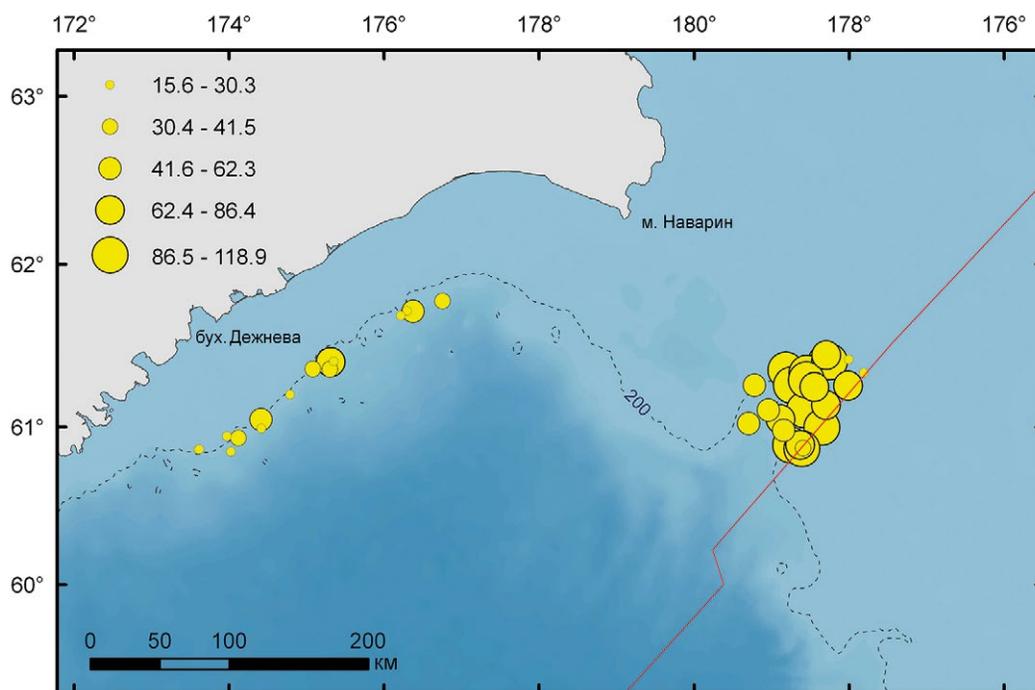
лении 55–90 км от суши и вдоль линии разграничения морских пространств России и США (Наваринский участок) в 90–200 км от берега. Траления проходили вдоль бровки шельфа и материкового склона на глубинах 110–360 м (рис. 2).

За период наших исследований вылов БМРТ «Матвей Кузьмин» составил 3270,9 т минтая и 45,9 т кальмара, количество произведённой мороженой продукции – 974,3 т (в основном, филе минтая).

С целью изучения закономерностей взаимодействий птиц с траловыми орудиями лова в рейсе на БМРТ «Матвей Кузьмин» в сентябре–октябре 2021 г. мы выполнили 452 сеанса наблюдений общей продолжительностью 188,6 ч.

Сбор данных по видоспецифичным особенностям контактов птиц с тралом проводили по методике, использованной при аналогичных исследованиях в других районах Тихого океана, которая была успешно опробована нами в условиях Охотоморской минтаевой экспедиции в 2015 и 2020 гг. [подробное описание см.: Артюхин, 2019 с].

Перед началом каждого сеанса наблюдений и сразу после его окончания на этапе траления подсчитывали всех птиц в полусфере радиусом 100 м от кормы судна. В дальнейшем использовали среднее значение результатов двух учётов за сеанс. Видовую идентификацию проводили на уровне следующих видов или групп: альбатросы *Phoebastria* spp. (с определением каждой особи до вида – белоспинный *Ph. albatrus* (Pallas, 1769), черноногий *Ph. nigripes* (Audubon, 1839) и тёмноспинный *Ph. immutabilis* (Rothschild, 1893)), глупыши *Fulmarus glacialis* L.,

**Рис. 2.** Дислокация и суточный вылов минтая (т) БМРТ «Матвей Кузьмин» в сентябре–октябре 2021 г. в Западно-Берингоморской зоне**Fig. 2.** Dislocation and daily pollock catch (t) of the BMRT «Matvey Kuzmin» in September–October 2021 in the West Bering Sea zone

1761, тонкоклювые буревестники *Puffinus tenuirostris* (Temminck, 1836), крупные белоголовые чайки рода *Larus* (тихоокеанская *L. schistisagus* Stejneger, 1884, восточносибирская *L. vegae* Palmén, 1887, серокрылая *L. glaucescens* J.F. Naumann, 1840 и бургомистр *L. hyperboreus* Gunnerus, 1767), мовки *Rissa* spp. (мовка *R. tridactyla* (L., 1758) и красноногая говорушка *R. brevirostris* Bruch, 1853).

При анализе взаимодействий птиц с орудиями лова и оценке численности результаты учётов по всем видам альбатросов объединяли в одну группу *Phoebastria* spp., а по группам *Larus* spp. и *Rissa* spp. – в группу «чайковые птицы».

Во время каждого сеанса наблюдений на этапе траления проставляли балльную оценку интенсивности слива из рыбозавода отходов обработки уловов, регистрировали параметры метеорологических условий и направление ветра относительно курса судна [см.: Артюхин, 2019 с].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На траловых промыслах в Мировом океане рыболовные суда производят значительное количество отходов обработки уловов, поэтому в районах работы тралового флота формируются массовые скопления

морских птиц, в основном, трубконосых и чайковых [Abrams, 1983; Hudson, Furness, 1989; Bartle, 1991; Weimerskirch et al., 2000; Wienecke, Robertson, 2002; Sullivan et al., 2006; Gonzalez-Zevallos et al., 2007; Watkins et al., 2008; Артюхин, 2018; Paz et al., 2018; Коробов, Глущенко, 2021]. По результатам исследований в Беринговом и Охотском морях [Melvin et al., 2011; Артюхин, 2019 с; 2021 b], во время тралений наибольшую опасность для птиц представляют кабель сетного зонда и в меньшей степени – ваеры. В поисках отходов птицы не всегда замечают тонкий кабель эхолота, цепляются за него расправленными крыльями и, если не могут быстро освободиться, уходят под воду и погибают (рис. 3).

За 452 сеанса наблюдений всего зарегистрировано 1782 контакта птиц с орудиями лова. Лишь в одном случае наблюдали лёгкое столкновение тонкоклювого буревестника с канатно-сетной частью траля: во время выборки птица попала в складки мотни траля и была живой поднята на палубу. Все остальные контакты были с тросами – ваерами и кабелем сетного зонда (табл. 2).

Как и в предыдущих исследованиях [Артюхин, 2019 с; 2021 b], в Беринговом море на всех стадиях промысловых операций наибольшую опасность для



Рис. 3. Контакты морских птиц с кабелем сетного зонда: а – налёт стаи тонкоклювых буревестников в зону погружения кабеля в воду; б – зацеп тёмноспинного альбатроса крылом

Fig. 3. Contacts of seabirds with net sonar third wire cable: a – the flight of a short-tailed shearwater flock into the area of cable immersion in water; b – the hook of a Laysan albatross by wing

Таблица 2. Количество и частота взаимодействий морских птиц с траловыми орудиями лова на разных стадиях промысловых операций в Западно-Беринговоморской зоне в осенний период 2021 г.**Table 2.** The number and frequency of interactions of seabirds with trawl fishing gear at different stages of fishing operations in the West Bering Sea zone in autumn 2021

Трал и тросы	Тип взаимодействия	Белоспинный альбатрос	Темноспинный альбатрос	Глушь	Тонкоклювый буревестник	Чайки <i>Larus</i> spp.	Моевка	Красноногая говорушка	Все виды	Контактов/ч	
ВЫБОРКА 73 сеанса; 28,7 ч											
Трал	Лёгкий в полете	0	0	0	1	0	0	0	1	0,037	
Правый ваер	Лёгкий в полете	0	0	0	1	0	0	0	1	0,041	
Кабель сетного зонда	Лёгкий на плаву	0	0	2	3	0	0	0	5	0,165	
	Лёгкий в полете	1	6	16	33	1	2	0	59	2,026	
	Итого	1	6	18	36	1	2	0	64	2,191	
ПОСТАНОВКА 75 сеансов; 17,3 ч											
Правый ваер	Лёгкий в полете	0	0	0	0	0	1	0	1	0,062	
Кабель сетного зонда	Лёгкий на плаву	0	0	0	5	0	0	0	5	0,289	
	Лёгкий в полете	0	11	24	58	1	3	0	97	5,549	
	Итого	0	11	24	63	1	3	0	102	5,838	
ТРАЛЕНИЕ 304 сеанса; 142,6 ч											
Правый ваер	Лёгкий на плаву	0	1	98	2	0	1	0	102	0,766	
	Летальный на плаву	0	0	1	1	0	0	0	2	0,013	
	Лёгкий в полете	0	1	14	10	0	2	1	28	0,206	
	Итого	0	2	113	13	0	3	1	132	0,985	
Левый ваер	Лёгкий на плаву	0	0	19	1	0	0	0	20	0,145	
	Лёгкий в полете	0	0	0	12	0	1	0	13	0,154	
	Итого	0	0	19	13	0	1	0	33	0,299	
Кабель сетного зонда	Лёгкий на плаву	0	1	29	6	2	0	0	38	0,348	
	Летальный на плаву	0	2	0	0	0	0	0	2	0,013	
	Лёгкий в полете	0	64	267	969	25	82	0	1407	12,975	
	Летальный в полете	0	0	1	0	0	0	0	1	0,007	
	Итого	0	67	297	975	27	82	0	1448	13,343	
ВСЕ СТАДИИ ПРОМЫСЛОВЫХ ОПЕРАЦИЙ 452 сеанса; 188,6 ч											
Трал и тросы	Итого	абс.	1	86	471	1102	29	92	1	1782	22,796
		%	0,1	4,8	26,4	61,8	1,6	5,2	0,1	100,0	100,0

птиц представляет кабель сетного зонда, частота столкновений птиц с которым всегда существенно выше, чем с ваерами (табл. 2). Это обусловлено тем, что кабель погружается в воду в среднем на дистанции 30 м в отличие от 10 м у ваеров; к тому же он более чем в 3 раза тоньше (табл. 1), что делает его менее видимым для птиц. Разница в частоте контактов между двумя ваерами связана с технологическими особенностями рыбозавода на БМРТ «Матвей Кузьмин». Большая часть отходов поступает через шпигаты правого борта (интенсивность слива составляет в среднем 1,3 балла в отличие от 0,9 с левого борта), поэтому concentra-

ции птиц с этой стороны судна более многочисленные и стабильные, чем с противоположной.

Частота столкновений птиц с кабелем сетного зонда на стадии траления гораздо выше, чем во время постановки и выборки (табл. 2). Причиной тому, как и на промыслах в Охотском море, является частое вспугивание громким шумом работающих лебёдок и резкими металлическими ударами цепей, грузов и траловых досок о корпус судна, отчего птицы проводят меньше времени вблизи кормы.

Большинство столкновений с тросами (ваерами и кабелем сетного зонда) случилось с тонкоклювыми

буревестниками (табл. 2). Эти птицы были в числе самых массовых в околосудовых скоплениях (табл. 3) и часто плотными группами налетали в зону погружения кабеля в воду. Однако только один случай из 1101 контакта признан нами как летальный (табл. 2). В то же время на выборках трала было зарегистрировано 15 буревестников, висевших на кабеле эхолота. Следовательно, смертельные зацепы буревестников происходят не только и не столько на поверхности моря, сколько под водой, когда они активно «летают» в её толще, подбирая отходы.

Самые многочисленные птицы вокруг судов – глупыши (табл. 3) – заметно уступали буревестникам в количестве контактов, а чайковые, обладающие маневренным полётом, ещё больше (табл. 2).

Из трёх видов альбатросов большинство столкновений с тросами случилось с тёмноспинными альбатросами, однажды – с белоспинным и ни разу – с черноногим (табл. 2).

Столкновения с кабелем сетного зонда происходили чаще у птиц в полёте, чем у сидящих на воде; но с ваерами наблюдалось противоположное: большинство птиц контактировали с ними (в основном, с правым ваером), находясь на плаву во время кормления отходами (табл. 2).

Зарегистрировано всего 5 летальных контактов (0,3% от общего числа): два на плаву с правым ваером у глупыша и тонкоклювого буревестника, остальные с кабелем сетного зонда – на плаву у двух тёмноспинных альбатросов и в полёте у одного глупыша.

В сравнении с результатами наблюдений в январе 2015 г. в Камчатско-Курильской подзоне [Артю-

хин, 2019 с], где промысел минтая проходил также в безлёдных условиях, в Западно-Беринговоморской зоне частота контактов с тросами на стадии траления суммарно для всех видов птиц оказалась в 1,7 раза выше, несмотря на то, что у самого массового вида – глупыша – она была более чем вдвое меньше (3,89 против 8,35 контактов/ч в 2015 г.). Такие результаты стали следствием присутствия в околосудовых скоплениях тонкоклювых буревестников, на которых пришлось основная доля столкновений с орудиями лова (табл. 2). Данный вид является трансэкваториальным мигрантом, который кочует в российских морях, главным образом, в летне-осенний период, поэтому в зимнее время в Охотском море почти не встречается [Шунтов, 1998; Артюхин, 2019 а; Артюхин, 2021 с].

На стадии траления распределение значений частоты столкновений птиц с тросами различалось по районам лова. Все птицы, кроме альбатросов, существенно чаще ударялись о тросы во время работы на прибрежном Дежнёвском участке, чем на более удалённом от суши Наваринском. У альбатросов ситуация была противоположной: на первом из этих участков они вообще ни разу не контактировали с тросами (табл. 4), очевидно, ввиду низкой численности около судна (табл. 3).

Статистически достоверная разница проявилась также в частоте контактов в зависимости от двух типов тралов, используемых на судне в период наших наблюдений. Все птицы кроме альбатросов чаще сталкивались с тросами донного трала, чем разноглубинного (табл. 5). Данное обстоятельство, вероятно, объясняется тем, что донный трал всегда ставили с правой

Таблица 3. Средняя численность птиц (особи) в полусфере радиусом 100 м от кормы судна на стадии траления в Западно-Беринговоморской зоне в осенний период 2021 г.

Table 3. The mean number of birds (individuals) in a hemisphere with a radius of 100 m from the vessel stern at the trawling stage in the West Bering Sea zone in autumn 2021

Вид, группа	Дежнёвский участок (n = 119)		Наваринский участок (n = 185)		Всего (n = 304)	
	М	SE	М	SE	М	SE
Белоспинный альбатрос	< 0,01	–	0,10	0,02	0,06	0,01
Черноногий альбатрос	–	–	0,01	0,01	0,01	< 0,01
Тёмноспинный альбатрос	0,42	0,12	9,76	0,95	6,10	0,64
Альбатросы, всего	0,43	0,12	9,87	0,95	6,17	0,64
Глупыш	175,65	16,29	285,42	11,19	242,45	9,81
Тонкоклювый буревестник	139,70	16,54	62,13	8,24	92,50	8,46
Чайки <i>Larus</i> spp.	29,16	4,30	7,22	0,70	15,81	1,84
Моевки <i>Rissa</i> spp.	49,30	7,63	11,94	1,15	26,56	3,24
Чайковые птицы, всего	78,46	8,98	19,16	1,19	42,37	3,95
Все виды	394,24	34,27	376,58	16,91	383,49	16,88

Таблица 4. Различия средних значений частоты столкновений птиц (контактов/ч) с ваерами и кабелем сетного зонда на стадии траления на двух промысловых участках Западно-Беринговоморской зоны в осенний период 2021 г.**Table 4.** Differences in the mean frequency of bird collisions (contacts per hour) with warps and net sonar third wire cable at the trawling stage in the Dezhnev and Navarin fishing areas of the West Bering Sea zone in autumn 2021

Вид, группа	Дежнёвский участок (n = 119)		Наваринский участок (n = 185)		Kruskal-Wallis test
	M	SE	M	SE	
Альбатросы	–	–	0,854	0,363	H = 8,006; df = 1; p = 0,005
Глупыши	6,295	1,813	2,074	0,435	H = 3,444; df = 1; p = 0,064
Буревестники	23,525	8,025	0,443	0,255	H = 43,043; df = 1; p < 0,001
Чайковые	2,206	0,772	0,063	0,039	H = 25,653; df = 1; p < 0,001

Таблица 5. Различия средних значений частоты столкновений птиц (контактов/ч) с ваерами и кабелем сетного зонда на стадии траления для двух марок тралов на промысле в Западно-Беринговоморской зоне в осенний период 2021 г.**Table 5.** Differences in the mean frequency of bird collisions (contacts per hour) with warps and net sonar third wire cable at the trawling stage for mid-water and bottom trawls in the West Bering Sea zone in autumn 2021

Вид, группа	Разноглубинный трал (n = 153)		Донный трал (n = 151)		Kruskal-Wallis test
	M	SE	M	SE	
Альбатросы	1,033	0,438	–	–	H = 12,283; df = 1; p = 0,001
Глупыши	1,998	0,467	5,478	1,454	H = 4,008; df = 1; p = 0,045
Буревестники	0,342	0,239	18,736	6,366	H = 27,163; df = 1; p < 0,001
Чайковые	0,089	0,048	1,725	0,613	H = 12,064; df = 1; p = 0,001

стороны, поэтому кабель его сетного зонда располагался на 3 м ближе к правому углу кормы (это расстояние между блоками двух лебёдок), чем у разноглубинного трала, постановку которого осуществляли с левого борта. В результате, правый кабель эхолота чаще левого оказывался в зоне основного слива отходов с рыбозавода. К тому же на донном трале использовали более тонкий кабель сетного зонда (табл. 1).

По наблюдениям в Охотском море показана тесная зависимость частоты столкновений глупышей с орудиями лова от их численности у траулера во время кормления отходами обработки улова [Артюхин, 2019 с; 2021 б]. Наличие такой связи подтверждается также для промысла в Беринговом море не только для глупышей, но и остальных птиц ($p < 0,05$) (рис. 4).

Отходы обработки уловов служат основой образования массовых концентраций птиц вокруг траулеров. На примере глупышей во время зимнего промысла минтая в Камчатско-Курильской подзоне установлено, что интенсивность сбросов из рыбозавода определяет размеры околосудовых скоплений птиц и частоту их взаимодействий с орудиями лова [Артюхин, 2019 с]. Результаты наших наблюдений в Западно-Беринговоморской зоне для глупышей также показали статистически значимую зависимость частоты контактов с тралами от количества сливаемых за борт

отходов ($p < 0,05$), но не подтвердили эту закономерность для остальных птиц.

Из метеорологических показателей, которые фиксировали при каждом сеансе наблюдений, на частоту контактов с тралами достоверно воздействовал только ветер – параметр, сильно влияющий на полёт морских птиц [Spear, Ainley, 1997; Ainley et al., 2015]. На БМРТ «Матвей Кузьмин» большая часть отходов из рыбозавода сливается с правого борта, где и возникают перманентные скопления кормящихся птиц. Траектория подлёта птиц к судну пролегает, как правило, против ветра, поэтому меняется в зависимости от его направления. Отсюда происходит значительная разница в частоте контактов с тросами трала у всех видов, формирующих околосудовые скопления (Kruskal-Wallis test: $H = 32,891$, $df = 4$, $p < 0,001$). Ваеры и кабель сетного зонда представляют наибольшую опасность при ветре, дующем в правый борт (сектор 2), когда птицы подлетают к месту слива отходов с левой стороны и при этом пересекают зону, в которой натянуты тросы трала (рис. 5). При остальных направлениях ветра (секторы 1, 3 и 4) и при маловетрии (параметр 0) частота столкновений птиц с тросами многократно ниже.

При оценке воздействия промыслов морских биоресурсов на состояние популяций птиц в северной

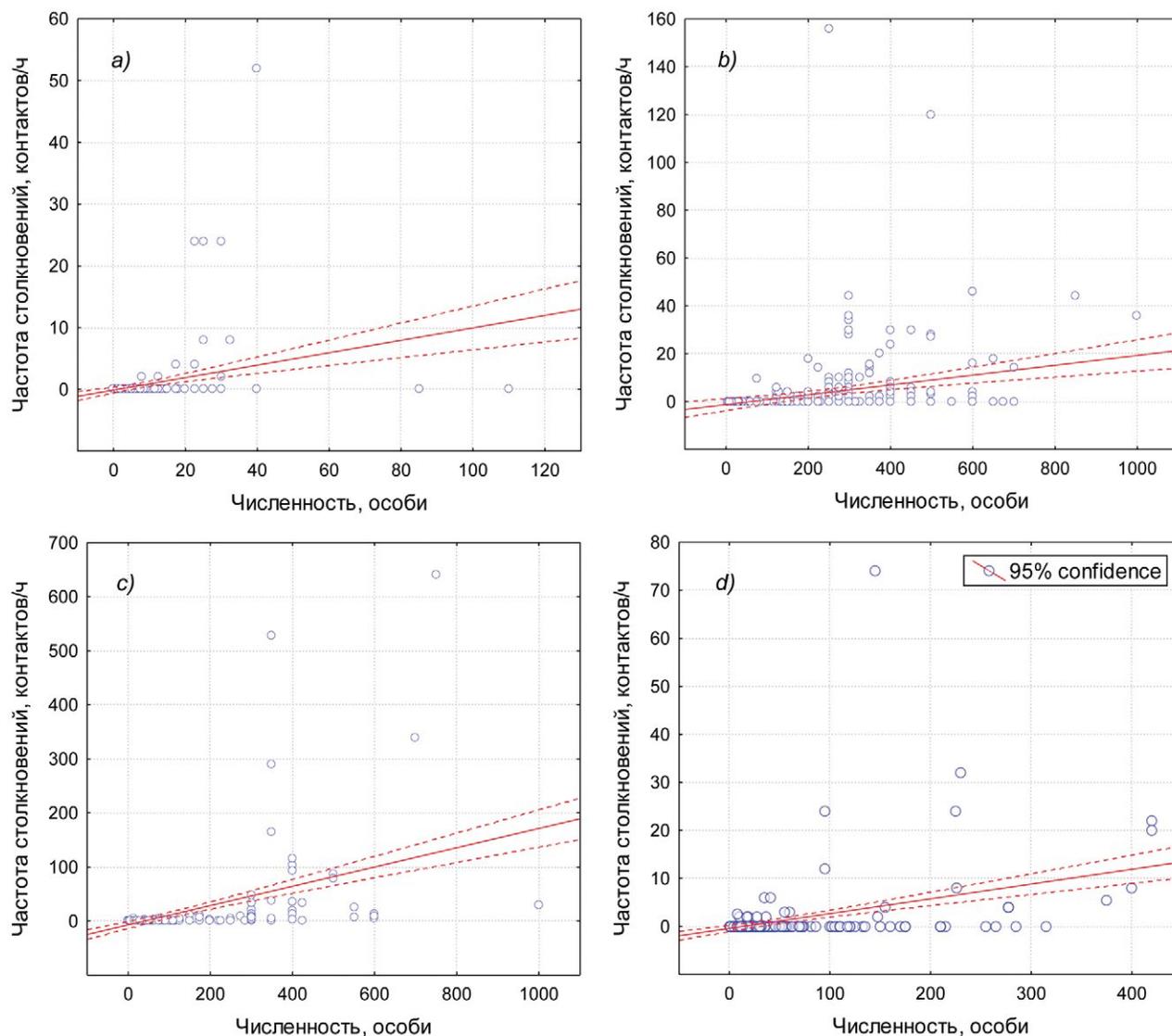


Рис. 4. Зависимость частоты столкновений птиц с ваерами и кабелем сетного зонда от их численности в пределах 100 м от кормы на этапе траления в Западно-Беринговоморской зоне: а – альбатросы; б – глупыши; с – тонкоклювые буревестники; д – чайковые

Fig. 4. The dependence of the frequency of bird collisions with warps and net sonar third wire cable on their numbers within 100 m from the stern at the trawling stage in the West Bering Sea zone: а – albatrosses; б – northern fulmars; с – short-tailed shearwaters; д – larids

части Тихого океана приоритетным видом является белоспинный альбатрос – редкий вид, занесённый в Красный список Международного союза охраны природы и Красную книгу Российской Федерации. Его современная глобальная численность оценивается в 7,4 тыс. особей. В России этот вид встречается только на кочёвках в территориальных водах приморских субъектов Дальневосточного федерального округа и в исключительной экономической зоне России [Артюхин, 2021 а].

По визуальным наблюдениям [Артюхин, 2011; Коровов и др., 2021] и результатам спутниковой телеме-

три [Orben et al., 2021], альбатросы целенаправленно концентрируются в местах работы промыслового флота, куда их привлекают отходы обработки уловов. Причём, Наваринский район Берингова моря является одним из самых притягательных для этих птиц. Здесь находится крупнейшее сосредоточение белоспинных альбатросов в российских водах, в связи с чем данная акватория была включена в каталог морских ключевых орнитологических территорий Дальнего Востока России, имеющих мировое значение [Артюхин и др., 2016].

Во время работы в Западно-Беринговоморской зоне на БМРТ «Матвей Кузьмин» мы насчитали в око-

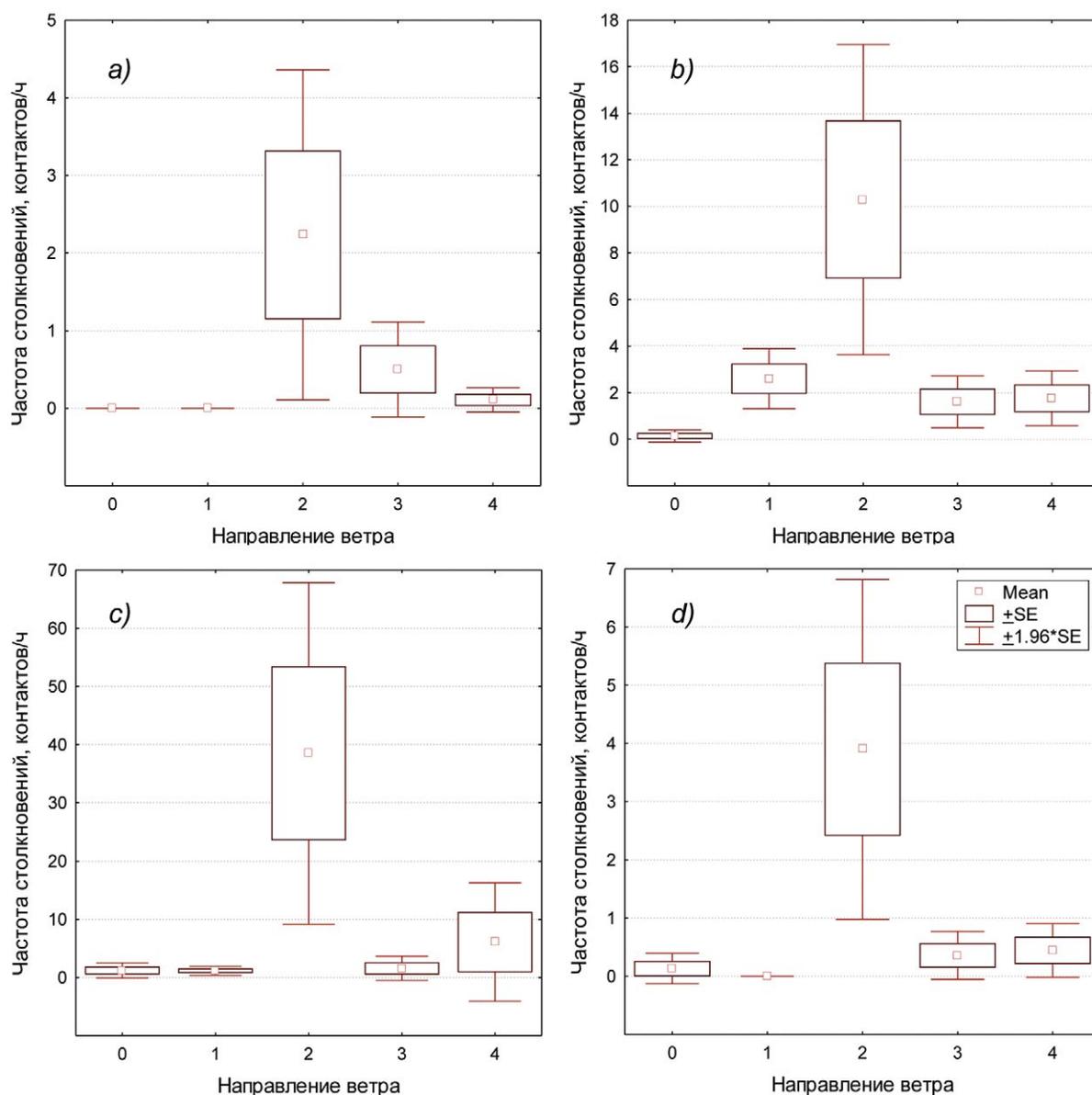


Рис. 5. Частота столкновений птиц с ваерами и кабелем сетного зонда при разных направлениях ветра относительно курса судна на стадии траления в Западно-Беринговоморской зоне: а – альбатросы; б – глупыши; с – тонкоклювые буревестники; д – чайковые (см. комментарии в тексте)

Fig. 5. Frequency of bird collisions with warps and net sonar third wire cable in different wind directions relative to the course of the vessel at the trawling stage in the West Bering Sea zone: a – albatrosses, b – northern fulmars, c – short-tailed shearwaters, d – larids (see comments in the text)

лосудовых скоплениях птиц 295 белоспинных альбатросов. Из 40 судосуток лова их наблюдали в течение 31 дня в количестве 1–26, в среднем 7,8 особей в день. Размеры скоплений, одновременно находившихся у судна, варьировали от 1 до 10, составляя в среднем 2,2 особи.

Во время сеансов наблюдений за взаимодействиями птиц с травами численность белоспинных альбатросов в 100-метровой полусфере за кормой была чрезвычайно низкой (табл. 3). Зарегистрирован только один лёгкий контакт альбатроса с кабелем сетного

зонда (табл. 2). За все траления мы наблюдали 10 случаев посадки альбатросов в 5–25 м от судна, т. е. на дистанции в границах погружения кабеля сетного зонда. Однако в 9 случаях птицы находились сбоку от зоны натяжения тросов трава и не подвергались опасности; и только однажды сеголеток альбатроса залетел прямо под кабель эхолота, но благополучно избежал столкновения с ним. Редкость наблюдений белоспинных альбатросов в непосредственной близости от кормы и практически полное отсутствие контактов с тросами трава обусловлены, на наш взгляд,

довольно осторожным поведением этих птиц в сравнении, например, с темнопинными альбатросами. Как правило, они предпочитают кормиться отходами на кильватерном шлейфе за пределами представляющей опасность зоны нахождения ваеров и кабеля сетного зонда.

Таким образом, на траловых промыслах минтая и кальмара в Западно-Беринговоморской зоне осенью 2021 г. несмотря на регулярное присутствие белоспинных альбатросов около судна мы наблюдали исключительную редкость прямых взаимодействий этих птиц с орудиями лова без единого летального контакта. Предварительные результаты наших исследований показывают, что в Беринговом море применение специальных средств и методов предотвращения гибели морских птиц на траловых промыслах [см. обзор: Артюхин, 2019 б] не является настолько актуальной проблемой, как, например, при лове ярусами демерсальных рыб [Артюхин и др., 2014].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В течение 452 сеансов наблюдений общей продолжительностью 188,6 ч, выполненных в сентябре–октябре 2021 г. в Западно-Беринговоморской рыболовной зоне, зарегистрировано 1782 контакта морских птиц с траловыми орудиями лова. Наибольшую опасность для птиц представляет кабель прибора контроля трала – сетного зонда, частота контактов с которым существенно выше, чем с ваерами. Большинство столкновений с тросами случились с тонкоклювыми буревестниками (61,8%), глупыши и чайковые птицы значительно уступали им в количестве контактов (26,4 и 6,9%, соответственно). Из альбатросов 4,8% столкновений с тросами произошло с темнопинными, и только однажды (0,1%) – с белоспинным. Зарегистрировано всего 5 тяжёлых контактов, приведших к гибели птиц (0,3%): два с правым ваером у глупыша и тонкоклювого буревестника, остальные с кабелем сетного зонда у двух темнопинных альбатросов и одного глупыша. Частота столкновений с орудиями лова для всех птиц статистически достоверно зависела от их численности около судна и направления ветра относительно курса, а у глупышей – ещё и от интенсивности сброса отходов обработки уловов из рыбозавода.

Высокая пространственная и временная вариативность характеристик взаимодействий морских птиц с траловыми орудиями лова, которая обусловлена изменениями условий окружающей среды и видо-специфичными особенностями поведения птиц, образующих динамичные по составу и численности около судовые скопления, указывает на необходимость

продолжения исследований в промысловых районах, ещё не охваченных наблюдениями.

Благодарности

Автор выражает благодарность Президенту АДМ А.В. Буглаку за предложение провести данные исследования и логистическое обеспечение работ, а также АО «Океанрыбфлот» и экипажу траулера «Матвей Кузьмин» (капитан-директор А.Б. Романчук) за оказанное содействие при оформлении в рейс и проведении наблюдений в море.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Данная работа выполнена в рамках договора между КФ ТИГ ДВО РАН и НКО «Ассоциация добытчиков минтая».

ЛИТЕРАТУРА

- Артюхин Ю.Б. 2011. Современное распространение белоспинного альбатроса *Phoebastria albatrus* в дальневосточных морях России // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей. Тез. докл. XII междунар. науч. конф. Петропавловск-Камчатский. 14–15.12.2011 г. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 159–162.
- Артюхин Ю.Б. 2018. Околосудовые скопления морских птиц на зимнем траловом промысле минтая в Охотском море // Известия ТИНРО. Т. 193. С. 50–56. DOI: <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2018-193-50-56>.
- Артюхин Ю.Б. 2019 а. Зимнее население морских птиц открытых вод Охотского моря // Биология моря. Т. 45. № 1. С. 8–16.
- Артюхин Ю.Б. 2019 б. Мировой опыт сокращения смертности морских птиц на траловых промыслах и возможности его использования в российских условиях // Русский орнитологический журнал. Т. 28. № 1802. С. 3531–3542.
- Артюхин Ю.Б. 2019 с. Особенности взаимодействия морских птиц с траловыми орудиями лова // Известия ТИНРО. Т. 197. С. 219–232. DOI: <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2019-197-219-232>.
- Артюхин Ю.Б. 2021 а. Белоспинный альбатрос *Phoebastria albatrus* (Pallas, 1769) // Красная книга Российской Федерации, том «Животные». 2-е издание. М.: ВНИИ Экология. С. 522–524.
- Артюхин Ю.Б. 2021 б. Взаимодействия морских птиц с орудиями лова на промысле минтая и сельди в Охотском море в зимне-весенний период 2020 г. // Вестник Камчатского ГТУ. № 57. С. 44–53. DOI: [10.17217/2079-0333-2021-57-44-53](https://doi.org/10.17217/2079-0333-2021-57-44-53).

- Артюхин Ю.Б. 2021 с. Население птиц Охотского моря и сопредельных вод Тихого океана и Японского моря в зимне-весенний период 2020 г. // Амурский зоологический журнал. Т. 13. № 2. С. 245–256. DOI: <https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2021-13-2-245-256>.
- Артюхин Ю.Б., Андреев А.В., Герасимов Ю.Н., Конюхов Н.Б., Вяткин П.С., Тиунов И.М., Шибяев Ю.В., Кондратьев А.В., Лобков Е.Г., Пронкевич В.В., Зыков В.Б., Казанский Ф.В., Ревякина З.В., Сыроечковский Е.Е., Трухин А.М., Якушев Н.Н., Кириченко В.Е. 2016. Морские ключевые орнитологические территории Дальнего Востока России. М.: РОСИП. 136 с.
- Артюхин Ю.Б., Винников А.В., Терентьев Д.А. 2014. Проблема прилова морских птиц на донном ярусном промысле трески и других рыб в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне Российской Федерации // Тихоокеанская треска дальневосточных вод России. М.: Изд-во ВНИРО. С. 266–279.
- Коробов Д.В., Артюхин Ю.Б., Глущенко Ю.Н. 2021. Результаты наблюдений за белоспинным альбатросом *Phoebastria albatrus* в западном секторе Берингова моря // Русский орнитологический журнал. Т. 30. № 2070. С. 2287–2305.
- Коробов Д.В., Глущенко Ю.Н. 2021. Результаты учётов морских птиц, проведённых с борта рыболовного судна во время промысла минтая в западном секторе Берингова моря в летне-осенний период 2020 года // Русский орнитологический журнал. Т. 30. № 2039. С. 889–911.
- Шунтов В.П. 1998. Птицы дальневосточных морей России. Т. 1. Владивосток: ТИПРО. 423 с.
- Abrams R.W. 1983. Pelagic seabirds and trawl-fisheries in the southern Benguela current region // Marine Ecology – Progress Series. V. 11. P. 151–156.
- Ainley D.G., Porzig E., Zajanc D., Spear L.B. 2015. Seabird flight behavior and height in response to altered wind strength and direction // Marine Ornithology. V. 43. P. 25–36.
- Bartle J.A. 1991. Incidental capture of seabirds in the New Zealand Subantarctic squid trawl fishery, 1990 // Bird Conservation International. V. 1. P. 351–359. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0959270900000708>.
- Gonzalez-Zevallos D., Yorio P., Caille G. 2007. Seabird mortality at trawler warp cables and a proposed mitigation measure: a case of study in Golfo San Jorge, Patagonia, Argentina // Biological Conservation. V. 136. P. 108–116. DOI: [10.1016/j.biocon.2006.11.008](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.11.008).
- Hudson A.V., Furness R.W. 1989. The behaviour of seabirds foraging at fishing boats around Shetland // Ibis. V. 131. P. 225–237. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1989.tb02765.x>.
- Lajus D., Stogova D., Keskitalo C. 2018. The implementation of Marine Stewardship Council (MSC) certification in Russia: Achievements and considerations // Marine Policy. V. 90. P. 105–114. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.01.001>.
- Melvin E.F., Dietrich K.S., Fitzgerald S., Cardoso T. 2011. Reducing seabird strikes with trawl cables in the pollock catcher-processor fleet in the eastern Bering Sea // Polar Biology. V. 34. P. 215–226. DOI: [10.1007/s00300-010-0873-1](https://doi.org/10.1007/s00300-010-0873-1).
- Orben R.A., Adams J., Hester M., Shaffer S.A., Suryan R., Deguchi T., Ozaki K., Sato F., Young L.C., Clatterbuck C., Connors M.G., Kroodsma D.A., Torress L.G. 2021. Across borders: External factors and prior behaviour influence North Pacific albatross associations with fishing vessels // Journal of Applied Ecology. V. 58. P. 1272–1283. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13849>.
- Paz J.A., Pon Seco J.P., Favero M., Blanco G., Copello S. 2018. Seabird interactions and by-catch in the anchovy pelagic trawl fishery operating in northern Argentina // Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems. V. 28. P. 850–860. DOI: <https://doi.org/10.1002/aqc.2907>.
- Spear L.B., Ainley D.G. 1997. Flight speed of seabirds in relation to wind speed and direction // Ibis. V. 139. P. 234–251. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1997.tb04621.x>.
- Sullivan B.J., Reid T.A., Bugoni L. 2006. Seabird mortality on factory trawlers in the Falkland Islands and beyond // Biological Conservation. V. 131. P. 495–504. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.02.007>.
- Watkins B.P., Petersen S.L., Ryan P.G. 2008. Interactions between seabirds and deep-water hake trawl gear: an assessment of impacts in South African waters // Animal Conservation. V. 11. P. 247–254. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2008.00192.x>.
- Weimerskirch H., Capdeville D., Duhamel G. 2000. Factors affecting the number and mortality of seabirds attending trawlers and longliners in the Kerguelen area // Polar Biology. V. 23. P. 236–249. DOI: <https://doi.org/10.1007/s003000050440>.
- Wienecke B., Robertson G. 2002. Seabird and seal-fisheries interactions in the Australian Patagonian toothfish *Dissostichus eleginoides* trawl fishery // Fisheries Research. V. 54. P. 252–265. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(00\)00307-6](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(00)00307-6).

REFERENCES

- Artukhin Yu.B. 2011. Modern distribution of the short-tailed albatross *Phoebastria albatrus* in the Far Eastern seas of Russia // Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters: Abstracts of XII international scientific conference. Petropavlovsk-Kamchatskiy. 14–15 December 2011. Petropavlovsk-Kamchatskiy: Kamchatpress. P. 159–162. (In Russ.).
- Artukhin Yu.B. 2018. Near-vessel seabird aggregation in the winter trawl fishery of pollock in the Okhotsk Sea // Izvestiya TINRO. V. 193. P. 50–56. DOI: <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2018-193-50-56>. (In Russ.).
- Artukhin Yu.B. 2019 a. Winter seabird populations in open waters of the Sea of Okhotsk // Biologiya Morya. V. 45. No. 1. P. 8–16. (In Russ.).
- Artukhin Yu.B. 2019 b. International experience of seabird mortality reduction in trawl fisheries and potential for its use in Russian conditions // Russkiy Ornitologicheskii Zhurnal. V. 28. No. 1802. P. 3531–3542. (In Russ.).
- Artukhin Yu.B. 2019 c. Features of seabird interaction with trawl fishing gear // Izvestiya TINRO. V. 197. P. 219–232. DOI: <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2019-197-219-232>. (In Russ.).
- Artukhin Yu.B. 2021 a. Short-tailed albatross *Phoebastria albatrus* (Pallas, 1769) // Red Data Book of the Russian Federation, vol. «Animals». 2nd ed. Moscow: FGBU «VNIIEkologiya». P. 522–524. (In Russ.).

- Artukhin Yu.B. 2021 b. Seabird interactions with fishing gear in the trawl fishery for pollock and herring in the Sea of Okhotsk in the winter–spring period of 2020 // Vestnik Kamchatskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta. No. 57. P. 44–53. DOI: 10.17217/2079–0333–2021–57–44–53. (In Russ.).
- Artukhin Yu.B. 2021 c. Population of seabirds in the Sea of Okhotsk and adjacent waters of the Pacific Ocean and the Sea of Japan during the winter–spring period of 2020 // Amurskiy Zoologicheskii Zhurnal. V. 13. No. 2. P. 245–256. DOI: <https://www.doi.org/10.33910/2686–9519–2021–13–2–245–256>. (In Russ.).
- Artukhin Yu.B., Andreev A.V., Gerasimov Yu.N., Konyukhov N.B., Vyatkin P.S., Tiunov I.M., Shibaev Yu.V., Kondratyev A.V., Lobkov E.G., Pronkevich V.V., Zykov V.B., Kazanskiy F.V., Revyakina Z.V., Syroechkovskiy E.E., Trukhin A.M., Yakushev N.N., Kirichenko V.E. 2016. Marine Important Bird Areas of the Russian Far East. Moscow: BirdsRussia. 136 p.
- Artukhin Yu.B., Vinnikov A.V., Terentiev D.A. 2014. The problem of seabird bycatch on the demersal longline fishery for Pacific cod and other fishes in the Far East Fisheries Basin of the Russian Federation // Pacific cod of the Far Eastern waters of Russia. Moscow: VNIRO Publishing. P. 266–279. (In Russ.).
- Korobov D.V., Artukhin Yu.B., Gluschenko Yu.N. 2021. Observations of the short-tailed albatross *Phoebastria albatrus* in the western sector of the Bering Sea // Russkiy Ornitologicheskii Zhurnal. V. 30. No. 2070. P. 2287–2305. (In Russ.).
- Korobov D.V., Gluschenko Yu.N. 2021. Results of counts of seabirds carried out from a fishing vessel during the Alaska pollock fishery in the western sector of the Bering Sea in the summer–autumn period of 2020 // Russkiy Ornitologicheskii Zhurnal. V. 30. No. 2039. P. 889–911. (In Russ.).
- Shuntov V.P. 1998. Birds of Russian Far East seas. V. 1. Vladivostok: TINRO. 423 p. (In Russ.).
- Abrams R.W. 1983. Pelagic seabirds and trawl-fisheries in the southern Benguela current region // Marine Ecology – Progress Series. V. 11. P. 151–156.
- Ainley D.G., Porzig E., Zajanc D., Spear L.B. 2015. Seabird flight behavior and height in response to altered wind strength and direction // Marine Ornithology. V. 43. P. 25–36.
- Bartle J.A. 1991. Incidental capture of seabirds in the New Zealand Subantarctic squid trawl fishery, 1990 // Bird Conservation International. V. 1. P. 351–359. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0959270900000708>.
- Gonzalez-Zevallos D., Yorio P., Caille G. 2007. Seabird mortality at trawler warp cables and a proposed mitigation measure: a case of study in Golfo San Jorge, Patagonia, Argentina // Biological Conservation. V. 136. P. 108–116. DOI: 10.1016/j.biocon.2006.11.008.
- Hudson A.V., Furness R.W. 1989. The behaviour of seabirds foraging at fishing boats around Shetland // Ibis. V. 131. P. 225–237. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1474–919X.1989.tb02765.x>.
- Lajus D., Stogova D., Keskitalo C. 2018. The implementation of Marine Stewardship Council (MSC) certification in Russia: Achievements and considerations // Marine Policy. V. 90. P. 105–114. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.01.001>.
- Melvin E.F., Dietrich K.S., Fitzgerald S., Cardoso T. 2011. Reducing seabird strikes with trawl cables in the pollock catcher-processor fleet in the eastern Bering Sea // Polar Biology. V. 34. P. 215–226. DOI: 10.1007/s00300–010–0873–1.
- Orben R.A., Adams J., Hester M., Shaffer S.A., Suryan R., Deguchi T., Ozaki K., Sato F., Young L.C., Clatterbuck C., Connors M.G., Kroodsmas D.A., Torress L.G. 2021. Across borders: External factors and prior behaviour influence North Pacific albatross associations with fishing vessels // J. of Applied Ecology. V. 58. P. 1272–1283. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365–2664.13849>.
- Paz J.A., Pon Seco J.P., Favero M., Blanco G., Copello S. 2018. Seabird interactions and by-catch in the anchovy pelagic trawl fishery operating in northern Argentina // Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems. V. 28. P. 850–860. DOI: <https://doi.org/10.1002/aqc.2907>.
- Spear L.B., Ainley D.G. 1997. Flight speed of seabirds in relation to wind speed and direction // Ibis. V. 139. P. 234–251. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1474–919X.1997.tb04621.x>.
- Sullivan B.J., Reid T.A., Bugoni L. 2006. Seabird mortality on factory trawlers in the Falkland Islands and beyond // Biological Conservation. V. 131. P. 495–504. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.02.007>.
- Watkins B.P., Petersen S.L., Ryan P.G. 2008. Interactions between seabirds and deep-water hake trawl gear: an assessment of impacts in South African waters // Animal Conservation. V. 11. P. 247–254. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469–1795.2008.00192.x>.
- Weimerskirch H., Capdeville D., Duhamel G. 2000. Factors affecting the number and mortality of seabirds attending trawlers and longliners in the Kerguelen area // Polar Biology. V. 23. P. 236–249. DOI: <https://doi.org/10.1007/s0030000050440>.
- Wienecke B., Robertson G. 2002. Seabird and seal-fisheries interactions in the Australian Patagonian toothfish *Dissostichus eleginoides* trawl fishery // Fisheries Research. V. 54. P. 252–265. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0165–7836\(00\)00307–6](https://doi.org/10.1016/S0165–7836(00)00307–6).

Поступила в редакцию 24.05.2022 г.
Принята после рецензии 04.07.2022 г.



Водные биологические ресурсы

Динамика биомассы промысловых рыб донно-придонного комплекса в подзоне Приморье в 2009–2020 гг.

Н.Л. Асеева, Д.Г. Кравченко, Д.В. Измятинский

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), пер. Шевченко, 4, г. Владивосток, 690091
E-mail: nadezhda.aseeva@tinro-center.ru

Цель работы состояла в изучении в подзоне Приморье динамики биомассы ценных промысловых видов рыб, добыча которых возможна с использованием донного трала.

Основным методом сбора материалов послужили учётные донные траловые съёмки в подзоне Приморье, выполненные в 2009–2020 гг.

В результате рассмотрена динамика биомассы рыб в целом и пяти отдельных объектов промысла, добычу которых можно вести донным тралом. За время исследований уменьшились ресурсы камбал и наваги. Биомасса бычков сначала несколько возросла (к 2016 г.), а затем тоже сократилась. Биомасса терпуга существенно колебалась по годам без проявления чётких тенденций. У трески отмечена тенденция повышения биомассы. В заливе Петра Великого наблюдается наибольшая удельная биомасса наваги и керчака-яока, в северном Приморье – камбалы Надёжного, многоиглого керчака и рассмотренных шлемоносцев, а в хабаровской части подзоны – трески и желтоперой камбалы.

Законченности: выявленные закономерности могут быть использованы при подготовке прогнозов состояния исследованных видов в подзоне Приморье.

Ключевые слова: подзона Приморье, биомасса рыб, динамика численности, камбалы, бычки, южный однопёрый терпуг, дальневосточная навага, тихоокеанская треска.

Dynamics of biomass of commercial fish of the bottom-near bottom complex in the Primorye subzone in 2009–2020

Nadezhda L. Aseeva, Dmitry G. Kravchenko, Denis V. Izmyatinsky

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

The aim of the work was to study the dynamics of biomass of valuable commercial fish species in the Primorye subzone, the extraction of which is possible using bottom trawl.

The main method of collecting materials was the accounting bottom trawl surveys in the Primorye subzone, carried out in 2009–2020.

As results, the dynamics of fish biomass as a whole and five separate fishing objects, the extraction of which can be carried out by bottom trawl, are considered. During the research, the resources of flounders and saffron cod have decreased. The biomass of sculpins at first increased (by 2016), and then also decreased. Arabesque greenling biomass changed significantly over the years without showing clear trends. Pacific cod has a tendency to increase biomass. The largest specific biomass of saffron cod and plain sculpin are observed in Peter the Great Bay, sealyeye plaice and great, graypurple and black edged sculpins – in the northern Primorye, and pacific cod and yellowfin sole – in the Khabarovsk part of the subzone.

Keywords: Primorye subzone, fish biomass, population dynamics, flounders, sculpins, arabesque greenling, saffron cod, pacific cod.

ВВЕДЕНИЕ

Планомерное изучение рыб подзоны Приморье было начато в первой половине XX века, с момента открытия в 1925 г. Тихоокеанской научно-исследовательской станции [Вдовин и др., 2004]. В частности, был организован ежегодный мониторинг тихоокеанской сельди (*Clupea pallasii* Valenciennes, 1847), дальневосточной наваги (*Eleginus gracilis* Tilesius, 1810) и дальневосточных камбал Pleuronectidae [Амброз, 1931; Дубровская, 1953; Моисеев, 1953; и др.]. С начала 1980-х гг. проводятся комплексные исследования ихтиоценов подзоны

Приморье, в которых учитываются все встречающиеся рыбы [Гаврилов и др., 1988; Борец, 1997; и др.]. Предыдущими исследователями было сформировано представление о состоянии рыбных ресурсов подзоны Приморье [Калчугин и др., 2006; Соломатов, 2008; Измятинский, 2012; Кравченко, Измятинский, 2019; и др.], как и других зон Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна [Шунтов, 2016; и др.], и делались попытки классифицировать рыб по различным экологическим и зоогеографическим группировкам [Шейко, 1983; Вдовин, Зуенко, 1997; и др.]. Но из всего многообразия рыб в подзоне только меньшая их

часть на сегодняшний день являются промысловыми или считаются перспективными для промысла. Рыбный промысел в подзоне в основном ведётся тремя способами – прибрежными орудиями лова (различные модификации ставных сетей и закидных неводов, снюрреводом и донным тралом). На основании многолетних полевых исследований, проводимых ТИПРО, накоплено достаточно данных только по работе донного трала.

Цель работы – по результатам учётных донных траловых съёмок 2009–2020 гг. в подзоне Приморье, показать динамику биомассы ценных промысловых видов рыб, добыча которых возможна с использованием донного трала.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу работы положены материалы учётных донных траловых съёмок, выполненных в подзоне Приморье на судах СТМ «Профессор Кизеветтер» в марте-мае 2009 г.; МРТК «Янтарь» в августе-октябре 2009 г., августе-ноябре 2010 г., августе-сентябре 2011 г. и августе-октябре 2012 г.; РК МРТ «Бухоро» в октябре-декабре 2010 г., марте-мае и сентябре-октябре 2011 г., апреле-мае и сентябре-октябре 2012 г., марте-мае и июле-октябре 2013 г., марте-апреле и июле-октябре 2014 г., апреле-июле 2015 г., апреле-мае 2016 г. и апреле-июне 2018 г.; СТР «Владимир Сафонов» в марте-июне 2019 г. и апреле-июне 2020 г. В указанные сроки 2015 г., кроме подзоны Приморье, также была обследована западно-сахалинская подзона. Залив Петра Великого полностью был охвачен съёмками МРТК «Янтарь» и частично съёмками РК МРТ «Бухоро», а в 2019 г. съёмкой СТР «Владимир Сафонов». В северном Приморье (от м. Поворотный до м. Золотой) работы выполнялись на СТМ «Профессор Кизеветтер», РК МРТ «Бухоро» и в 2019 г. на СТР «Владимир Сафонов»; а в хабаровской части подзоны (севернее 47°20' с. ш.) – на РК МРТ «Бухоро» и в 2020 г. на СТР «Владимир Сафонов».

Таким образом, в работе использованы данные преимущественно весенних и осенних съёмок. Но поскольку в разных съёмках охватывался батиметри-

ческий диапазон от минимально возможных глубин траления до 700 м (табл. 1), сезонная изменчивость в распределении рыб значимо не влияла на оценки их биомассы, так как межсезонные перемещения рыб укладывались в пределах указанного диапазона. Последнее даёт основание данные по съёмкам объединять за год.

Траления в каждом из районов подзоны выполнялись по стандартной сетке станций (рис. 1). За данный период времени на всей рассматриваемой акватории в общей сложности было сделано более 3000 тралений. Траления осуществлялись донным тралом с мягким грунтропом и ячеей в кутце 30 мм, при этом в каждый трал была вшита вставка с размером ячеи 10 мм. Использовались тралы двух конструкций, отличающиеся по длине верхней подборы: на МРТК «Янтарь» и РК МРТ «Бухоро» в июле-октябре 2013 г. – 23,2-метровый, а во всех остальных случаях – 27,1-метровый. Скорость судна при тралении 23,2-метровым тралом менялась от 2,3 до 2,5 узлов, составляя в среднем 2,47 узла, а 27,1-метровым тралом – от 2,5 до 2,9 узлов, при среднем значении 2,78 узла.

Оценка численности и биомассы рыб выполнялась площадным методом по формуле З.М. Аксютинной [1968]:

$$N(W) = \frac{n(w) \times Q}{q \times k}, \quad (1)$$

где $N(W)$ – численность (биомасса) на акватории Q ; q – площадь траления (км^2); k – дифференцированный по видам и массе особей коэффициент уловистости, конкретные значения которого приведены в работе Д.В. Измятинского и П.В. Калчугина [2010].

Площадь траления определялась по формуле:

$$q = h \times v \times 1852 \div 1000000, \quad (2)$$

где h – горизонтальное раскрытие трала (м); v – скорость судна (узлов); 1852 – количество метров в одной морской миле.

Для оценки изменчивости величины биомассы в разные годы применялись стандартные статистиче-

Таблица 1. Стандартные характеристики съёмок в исследованных районах подзоны Приморье: районы показаны на рис. 1
Table 1. Standard characteristics of surveys in the researched areas of the Primorye subzone: the areas are shown on the fig. 1

Район	Площадь, км^2	Глубины, м	Кол-во станций
Залив Петра Великого	11161,4	5–700	74
Северное Приморье	27527,7	20–700	169
Хабаровская часть подзоны	30284,0	5–700	109
Вся подзона	68973,1	5–700	352

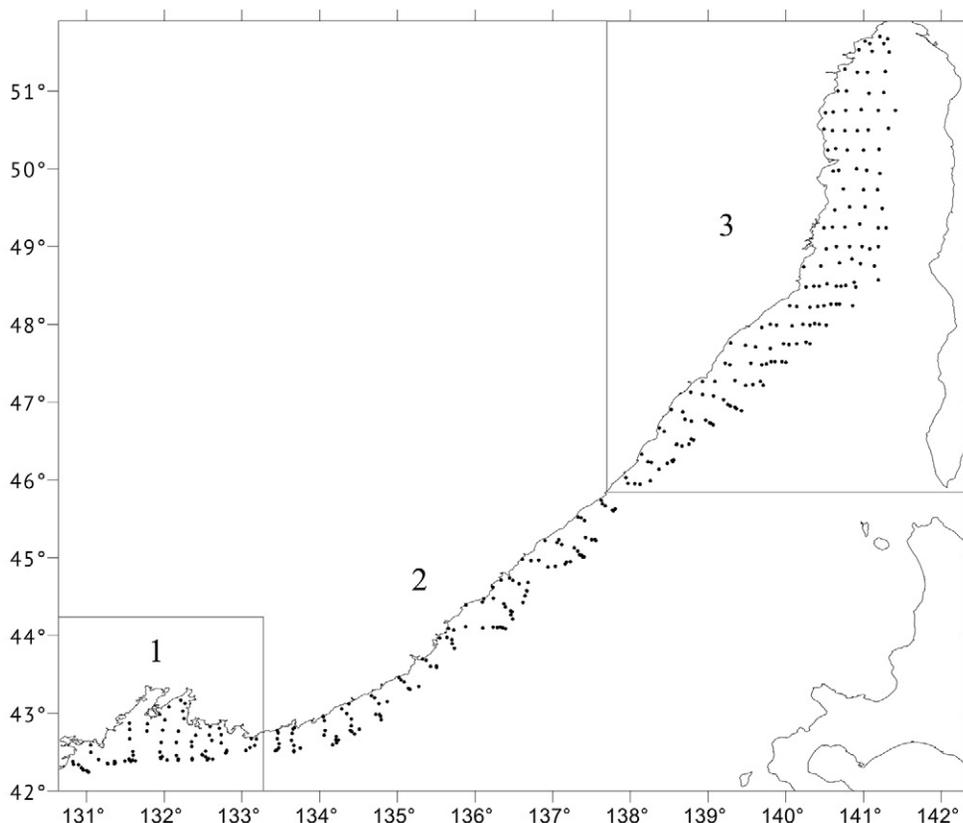


Рис. 1. Карта-схема района работ в северо-западной части Японского моря: точками обозначены стандартные траловые станции: 1 – залив Петра Великого; 2 – северное Приморье; 3 – Татарский пролив

Fig. 1. Chart-scheme of the researched area in the northwestern part of the Sea of Japan: standard trawl stations are marked with dots: 1 – Peter the Great Bay; 2 – northern Primorye; 3 – Tatar Strait

ские параметры [Суходольский, 1972; Громыко, 1981; Зайцев, 1984; и др.]: минимум (min), максимум (max), среднее арифметическое (M), ошибка средней (m), стандартное отклонение (σ), эксцесс (E) и асимметрия (A).

Проверку нормальности вариационного ряда биомассы проводили по методу Е.И. Пустыльника [1968]. Согласно этому методу, распределение признака следует считать нормальным, если абсолютные значения коэффициентов эксцесса и асимметрии его статистического ряда ниже либо равны критическим значениям этих показателей. Критические значения коэффициентов эксцесса ($E_{кр}$) и асимметрии ($A_{кр}$) рассчитываются по формулам:

$$E_{кр} = 5 \sqrt{\frac{24n \times (n-2) \times (n-3)}{(n+1)^2 \times (n+3) \times (n+5)}}; \quad (3)$$

$$A_{кр} = 3 \sqrt{\frac{6 \times (n-1)}{(n+1) \times (n+3)}}, \quad (4)$$

где n – объём выборки.

Поскольку межгодовые ряды биомассы конкретных видов и рыб в целом подчинялись закону нормального распределения, для сравнения значений их биомасс в разных районах мы использовали параметрический t -критерий Стьюдента, значения которого рассчитывались по формуле:

$$t = \frac{|M_1 - M_2|}{\sqrt{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}, \quad (5)$$

где n_1, n_2 – количество вариантов в 1-й и 2-й выборках; M_1, M_2 – средние арифметические значения в 1-й и 2-й выборках; σ_1, σ_2 – стандартные отклонения в 1-й и 2-й выборках. Число степеней свободы для нахождения критических значений t -критерия Стьюдента определялось по формуле:

$$Df = n_1 + n_2. \quad (6)$$

Доли видов (или групп видов) в составе биомассы более крупных групп (или всей биомассы рыб) для разных районов сравнивали с помощью критерия Фишера (F) [Зайцев, 1984]:

$$F = (\varphi_1 - \varphi_2)^2 \frac{N_1 \times N_2}{N_1 + N_2} \quad (7)$$

где N_1, N_2 – объёмы сравниваемых выборок; φ_1, φ_2 – числа, полученные в результате преобразования долей по формуле:

$$\varphi = 2 \arcsin \sqrt{p}, \quad (8)$$

где p – доля вида (или группы видов) в сравниваемой биомассе рыб. При пользовании данным методом первое число степеней свободы всегда равно единице ($Df(1)=1$), а второе находится по формуле:

$$Df(2) = N_1 + N_2 - 2. \quad (9)$$

Выявление взаимосвязи между изменением биомассы двух разных видов (или биомасс групп видов) осуществлялось с помощью рангового коэффициента корреляции Спирмена (r_s) по формуле:

$$r_s = 1 - 6 \times \frac{\sum d^2 + T_a + T_b}{N \times (N^2 - 1)}, \quad (10)$$

где N – количество ранжируемых значений; d – разность между рангами в первом и втором вариационных рядах; T_a и T_b – поправки на одинаковые ранги в первом и втором вариационных рядах. Поправки считаются по формуле:

$$T_a = \sum (a^3 - a) / 12, \quad (11)$$

где a (или b) – объём каждой группы одинаковых рангов в ранговом ряду.

Значения терминов, характеризующих происхождение и экологическую принадлежность видов, соответствуют их смысловому содержанию в работе Б.А. Шейко, В.В. Фёдорова [2000]. Из этой же работы взяты градации по частоте встречаемости, согласно которым высокую частоту встречаемости имеет вид, отмеченный в более чем 50% уловов, среднюю – в 10–50% уловов и низкую – в менее чем 10% уловов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За время исследований в подзоне Приморье, по результатам уловов донного трала, зарегистрировано 198 видов рыб, относящихся к 47 семействам и 18 отрядам (табл. 2). Среди семейств наибольшим числом видов были представлены рогатковые Cottidae – 30, стихеевые Stichaeidae – 25, камбаловые – 18, лисичковые Agonidae – 17 и бельдюговые Zoarcidae – 13. На большинство остальных семейств приходилось по 1–3 вида. На уровне отрядов основную долю в списочный состав вносили скорпенообразные Scorpaeniformes – 42,4% и окунеобразные

Perciformes – 28,3%. По зоогеографическому происхождению большая часть видов подзоны (43,4%) имеет низкобореальное приазиатское. Также значительна была доля широкобореальных приазиатских (18,7%), широкобореальных тихоокеанских (13,1%), арктическо-бореальных (9,6%) и низкобореальных субтропических (8,6%) видов. Среди экологических группировок наибольшую часть ихтиоцены занимали элиторальная (38,9%) и сублиторальная (26,3%). Кроме того, была существенна доля мезобентальных рыб (13,6%).

Из зарегистрированных видов их самое большое число (176) отмечалось в северном Приморье (табл. 2). Чуть меньше видов, из-за отсутствия ряда самых северных представителей, обнаружено в заливе Петра Великого (151). И наименьшее количество видов (117) было встречено в Хабаровской части подзоны, что обусловлено уменьшением количества видов с юга на север.

Из 198 зарегистрированных видов рыб специализированному промыслу в подзоне Приморье подвергается только около 10% видов. А специализированными объектами донного тралового промысла, которым посвящена данная работа, являются три отдельных вида – тихоокеанская треска (*Gadus macrocephalus* Tilesius, 1810), дальневосточная навага и южный однопёрый терпуг (*Pleurogrammus azonus* Jordan & Metz, 1913); и три многовидовых объекта (камбалы, бычки и скаты). При этом на скатах мы не останавливаемся отдельно, так как из-за их низкой улавливаемости имеющимися орудиями лова, они в Приморье пока не представляют серьёзного интереса для промышленности. Кроме того, мы не рассматриваем являющегося массовым в Приморье минтая (*Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814), так как его промысел донным тралом здесь запрещён.

По данным учётных донных траловых съёмок 2009–2020 гг., общая биомасса рыб в подзоне Приморье изменялась от 222,2 до 599,2 тыс. т, составив в среднем 396,1 тыс. т. Общая численность рыб в подзоне варьировала от 1,7 до 10,0 млрд экз., при среднем значении 4,0 млрд экз. В соответствии с этими оценками средний вес одной особи в подзоне (без идентификации до вида) менялся от 72 до 183 г. На динамику интегральных показателей среднего веса накладывали отпечаток разнонаправленные тенденции в динамике численности конкретных видов. Если равновесие смещалось в сторону увеличения численности камбал или терпуга, то средний вес одной особи, как правило, повышался. А если становилось больше наваги или сельди, то, в связи с большим

Таблица 2. Список видов рыб, зарегистрированных в уловах донного трала, и их частота встречаемости в уловах
Table 2. List of fish species registered in the bottom trawl catches and their frequency of occurrence in catches

Семейство, вид	R	EG	ЗПВ	СП	ТП
I. Petromyzontidae					
1. <i>Lethenteron camtschaticum</i>	а-б	an		+	
II. Lamnidae					
2. <i>Lamna ditropis</i>	ш-т	ep		+	
III. Squalidae					
3. <i>Squalus acanthias</i>	к	os	+	+	+
IV. Arhynchobatidae					
4. <i>Bathyraja bergi</i>	нб-аз	mb	+	+	
5. <i>Bathyraja parmifera</i>	ш-аз	mb	++	++	+
V. Rajidae					
6. <i>Beringrja pulchra</i>	нб-аз	os		+	+
VI. Acipenseridae					
7. <i>Acipenser mikadoi</i>	нб-аз	an		+	
VII. Clupeidae					
8. <i>Clupea pallasii</i>	а-б	cp	++	++	++
9. <i>Konosirus punctatus</i>	нб-ст	cp	+		
10. <i>Sardinops melanostictus</i>	нб-ст	cp	+	+	+
VIII. Engraulidae					
11. <i>Engraulis japonicus</i>	нб-ст	cp	+	+	
IX. Cyprinidae					
12. <i>Tribolodon brandtii</i>	нб-аз	an	++	+	
13. <i>Tribolodon hakuensis</i>	нб-аз	sa	+		
X. Osmeridae					
14. <i>Hypomesus japonicus</i>	ш-аз	cp	+	+	+
15. <i>Hypomesus nipponensis</i>	нб-аз	sa	+		
16. <i>Hypomesus olidus</i>	а-б	sa		+	+
17. <i>Mallotus villosus</i>	а-б	cp	+	+	++
18. <i>Osmerus dentex</i>	а-б	an	+	+	++
XI. Salangidae					
19. <i>Salangichthys microdon</i>	нб-аз	sa	+	+	+
XII. Salmonidae					
20. <i>Oncorhynchus gorbuscha</i>	ш-т	an		+	+
21. <i>Oncorhynchus keta</i>	ш-т	an		+	+
22. <i>Oncorhynchus masou</i>	ш-аз	an	+	+	+
23. <i>Salvelinus leucomaenis</i>	ш-аз	an	+	+	+
XIII. Gadidae					
24. <i>Eleginus gracilis</i>	а-б	os	+++	++	+++
25. <i>Gadus macrocephalus</i>	ш-т	os	++	++	+++
26. <i>Gadus chalcogrammus</i>	ш-т	os	+++	+++	+++
XIV. Lophiidae					
27. <i>Lophiomus setigerus</i>	тр-ст	mb	+		
28. <i>Lophius litulon</i>	нб-ст	mb	+		
XV. Scomberesocidae					
29. <i>Cololabis saira</i>	нб-ст	ep		+	
XVI. Belonidae					
30. <i>Strongylura anastomella</i>	нб-ст	cp	+		
XVII. Hypoptychidae					
31. <i>Hypoptychus dybowskii</i>	нб-аз	is	+	+	
XVIII. Gasterosteidae					
32. <i>Gasterosteus aculeatus</i>	а-б	cp		+	+
33. <i>Pungitius pungitius</i>	цп	sa			+
XIX. Syngnathidae					
34. <i>Syngnathus schlegeli</i>	нб-аз	is		+	
XX. Sebastidae					
35. <i>Sebastes baramenuke</i>	ш-аз	mb		+	
36. <i>Sebastes glaucus</i>	ш-аз	is	+	+	+
37. <i>Sebastes minor</i>	нб-аз	is	++	+	
38. <i>Sebastes owstoni</i>	нб-аз	mb	++	++	+
39. <i>Sebastes schlegelii</i>	нб-аз	is	+	+	
40. <i>Sebastes steindachneri</i>	нб-аз	os	+	+	+
41. <i>Sebastes taczanowskii</i>	нб-аз	os	+	+	+
42. <i>Sebastes trivittatus</i>	нб-аз	is	+	+	+
43. <i>Sebastolobus macrochir</i>	ш-аз	mb		+	
XXI. Hexagrammidae					
44. <i>Hexagrammos lagocephalus</i>	ш-аз	os		+	
45. <i>Hexagrammos octogrammus</i>	ш-т	is	+	+	+
46. <i>Hexagrammos otakii</i>	нб-ст	is	+	+	
47. <i>Hexagrammos stelleri</i>	ш-т	is	++	+	++
48. <i>Pleurogrammus azonus</i>	нб-аз	os	+++	+++	++
49. <i>Pleurogrammus monoptyerygius</i>	вб-т	os	+	+	+
XXII. Cottidae					
50. <i>Alcichthys elongatus</i>	нб-аз	os	++	+	+
51. <i>Argyrocottus zanderi</i>	нб-аз	l		+	
52. <i>Arteidiellus dydymovi</i>	ш-аз	os	+	+	+
53. <i>Bero elegans</i>	нб-аз	l	+	+	
54. <i>Cottiusculus gonez</i>	нб-аз	os	+	+	
55. <i>Cottiusculus schmidti</i>	нб-аз	os	+	+	
56. <i>Cottus czerskii</i>	нб-аз	sa		+	
57. <i>Enophrys dicerca</i>	ш-т	os	++	+	+
58. <i>Gymnocanthus detrisus</i>	ш-аз	os	++	+++	++
59. <i>Gymnocanthus herzensteini</i>	ш-аз	os	++	++	+
60. <i>Gymnocanthus intermedius</i>	нб-аз	is	+	+	
61. <i>Gymnocanthus pistilliger</i>	а-б	is	++	+	+
62. <i>Hemilepidotus gilberti</i>	ш-т	os	++	++	++
63. <i>Icelus cataphractus</i>	нб-аз	os	++	++	+
64. <i>Icelus gilberti</i>	нб-аз	os		+	+
65. <i>Icelus rastrinoides</i>	нб-аз	mb	+	+	+
66. <i>Icelus stenosomus</i>	нб-аз	os	+	+	+
67. <i>Megalocottus platycephalus</i>	а-б	is	+	+	
68. <i>Microcottus sellaris</i>	ш-аз	l		+	

Семейство, вид	R	EG	ЗПВ	СП	ТП
69. <i>Myoxocephalus brandtii</i>	нб-аз	is	++	+	+
70. <i>Myoxocephalus jaok</i>	ш-аз	os	+++	++	+++
71. <i>Myoxocephalus polyacanthocephalus</i>	ш-аз	os	++	+++	+++
72. <i>Myoxocephalus stelleri</i>	ш-аз	is	+	+	+
73. <i>Radulinopsis derjavini</i>	нб-аз	l		+	
74. <i>Radulinopsis derjugini</i>	нб-аз	l		+	
75. <i>Stelgistrum stejneri</i>	ш-аз	os		+	
76. <i>Taurocottus bergii</i>	нб-аз	os	+	+	+
77. <i>Triglops jordani</i>	ш-аз	os	++	+	+
78. <i>Triglops pingelii</i>	а-б	os	++	++	
79. <i>Triglops scepticus</i>	ш-т	os	+	++	+
XXIII. Hemitripteridae					
80. <i>Blepsias bilobus</i>	ш-т	os		+	+
81. <i>Blepsias cirrhosus</i>	ш-т	os	+	+	+
82. <i>Hemitripterus villosus</i>	ш-т	is	+	+	+
83. <i>Nautichthys pribilovius</i>	ш-т	os	+	+	+
XXIV. Psychrolutidae					
84. <i>Dasycottus setiger</i>	ш-т	mb	+	+	+
85. <i>Eurymen gyrinus</i>	ш-аз	os	+	+	+
86. <i>Malacocottus zonurus</i>	ш-т	mb	+	+	+
87. <i>Psychrolutes paradoxus</i>	ш-аз	os	+	+	
XXV. Agonidae					
88. <i>Agonomalus jordani</i>	нб-аз	os	++	+	+
89. <i>Agonomalus proboscidalis</i>	нб-аз	os	+	+	+
90. <i>Anoplagonus occidentalis</i>	нб-аз	os		+	
91. <i>Aspidophoroides bartoni</i>	ш-аз	os	+	+	+
92. <i>Bothragonus occidentalis</i>	нб-аз	is		+	+
93. <i>Brachyopsis segaliensis</i>	нб-аз	is	+	+	+
94. <i>Freemanichthys thompsoni</i>	нб-аз	os	+	+	+
95. <i>Hypsagonus corniger</i>	нб-аз	os	+	+	+
96. <i>Leptagonus decagonus</i>	а-б	os			+
97. <i>Ocella dodecaedron</i>	ш-т	is	+	+	+
98. <i>Pallasina barbata</i>	ш-т	is	+	+	+
99. <i>Percis japonica</i>	ш-аз	os	+	+	+
100. <i>Podothecus sachi</i>	нб-аз	os			+
101. <i>Podothecus sturioides</i>	ш-аз	os	++	++	++
102. <i>Podothecus veterus</i>	а-б	os	++	++	++
103. <i>Sarritor knipowitschi</i>	нб-аз	os	+	+	+
104. <i>Tilesina gibbosa</i>	нб-аз	os	++	+	+
XXVI. Cyclopteridae					
105. <i>Aptocyclus ventricosus</i>	ш-т	os	+	+	+
106. <i>Cyclopteropsis bergi</i>	нб-аз	os	+	+	+
107. <i>Cyclopteropsis lindbergi</i>	ш-аз	os		+	
108. <i>Eumicrotremus asperrimus</i>	ш-аз	os	+	+	+
109. <i>Eumicrotremus pacificus</i>	нб-аз	os	+	+	+
110. <i>Eumicrotremus taranetzi</i>	ш-аз	os		+	
111. <i>Eumicrotremus tartaricus</i>	нб-аз	mb		+	+
XXVII. Liparidae					
112. <i>Careproctus colletti</i>	ш-т	mb		+	
113. <i>Careproctus rastrinus</i>	ш-т	mb	+	+	+
114. <i>Careproctus trachysoma</i>	нб-аз	mb	+	+	+
115. <i>Crystallias matsushimae</i>	нб-аз	mb	+	+	+
116. <i>Liparis agassizii</i>	нб-аз	is	+	+	
117. <i>Liparis ochotensis</i>	ш-т	os	++	++	+
118. <i>Liparis tessellatus</i>	нб-аз	os	+	+	
XXVIII. Lateolabracidae					
119. <i>Lateolabrax japonicus</i>	тр-ст	ср	+		
XXIX. Polyprionidae					
120. <i>Stereolepis gigas</i>	нб-ст	is		+	
XXX. Mugilidae					
121. <i>Liza haematocheila</i>	нб-аз	sa	+	+	
122. <i>Mugil cephalus</i>	цгт	an	+	+	
XXXI. Bathymasteridae					
123. <i>Bathymaster derjugini</i>	нб-аз	is	+	+	
XXXII. Zoarcidae					
124. <i>Bilabria ornata</i>	нб-аз	os		+	
125. <i>Bothrocara hollandi</i>	нб-аз	mb	+	+	+
126. <i>Davidjordania lacertina</i>	нб-аз	os	+	+	
127. <i>Gymnelopsis brashnikovii</i>	нб-аз	os	+		
128. <i>Krusensterniella maculata</i>	нб-аз	os	+	+	+
129. <i>Lycodes japonicus</i>	нб-аз	mb	+	+	
130. <i>Lycodes nakamurae</i>	нб-аз	mb	+	+	+
131. <i>Lycodes tanakae</i>	нб-аз	mb	+	++	++
132. <i>Lycodes toyamensis</i>	нб-аз	mb	+	+	+
133. <i>Lycodes uschakovi</i>	вб-аз	mb		+	
134. <i>Lycodes yamatoii</i>	нб-аз	mb	+	+	+
135. <i>Lyczoarces regani</i>	вб-аз	os		+	
136. <i>Zoarces elongatus</i>	ш-аз	is		+	+
XXXIII. Stichaeidae					
137. <i>Acantholumpenus mackayi</i>	ш-аз	is	+	+	+
138. <i>Alectrias benjamini</i>	нб-аз	l	+		
139. <i>Alectrias gallinus</i>	ш-аз	l		+	
140. <i>Anisarchus macrops</i>	нб-аз	os		+	+
141. <i>Anisarchus medius</i>	а-б	os		+	+
142. <i>Askoldia variegata</i>	нб-аз	os	+	+	+
143. <i>Bryozoichthys lysimus</i>	ш-аз	mb		+	+
144. <i>Chirolophis japonicus</i>	нб-аз	is	+	+	
145. <i>Chirolophis saitone</i>	нб-ст	is		+	
146. <i>Chirolophis snyderi</i>	ш-аз	is		+	
147. <i>Kasatkia memorabilis</i>	нб-аз	is	+	+	
148. <i>Leptoclinus maculatus</i>	а-б	os		+	+
149. <i>Lumpenella longirostris</i>	а-т	mb	+	+	+

Семейство, вид	R	EG	ЗПВ	СП	ТП
150. <i>Lumpenus sagitta</i>	а-б	is	++	+	
151. <i>Neozoarces pulcher</i>	нб-аз	l	+		
152. <i>Opisthocentrus ocellatus</i>	ш-аз	is	+	+	
153. <i>Opisthocentrus zonope</i>	нб-аз	is	+	+	
154. <i>Pholidapus dybowskii</i>	нб-аз	is	+	+	
155. <i>Soldatovia polyactocephala</i>	ш-аз	is	+	+	
156. <i>Stichaeopsis epallax</i>	нб-аз	is	+	+	
157. <i>Stichaeopsis nevelskoi</i>	ш-аз	is	+	+	+
158. <i>Stichaeus grigorjewi</i>	нб-аз	os	+	+	+
159. <i>Stichaeus nozawae</i>	нб-аз	os	+	+	+
160. <i>Stichaeus ochriamkini</i>	нб-аз	is	+	+	+
161. <i>Xenolumpenus longipterus</i>	нб-аз	mb		+	
XXXIV. Cryptacanthodidae					
162. <i>Cryptacanthodes bergi</i>	нб-аз	is	+	+	+
XXXV. Pholidae					
163. <i>Pholis nebulosa</i>	нб-аз	is	+	+	
164. <i>Pholis picta</i>	ш-аз	l	+	+	+
XXXVI. Anarhichadidae					
165. <i>Anarhichas orientalis</i>	ш-т	is	+	+	+
XXXVII. Ptilichthyidae					
166. <i>Ptilichthys goodei</i>	ш-т	os	+		
XXXVIII. Trichodontidae					
167. <i>Arctoscopus japonicus</i>	нб-аз	os	++	++	++
XXXIX. Ammodytidae					
168. <i>Ammodytes hexapterus</i>	а-б	os	+	+	+
XL. Gobiidae					
169. <i>Acanthogobius flavimanus</i>	нб-аз	l	+		
XLI. Trichiuridae					
170. <i>Trichiurus lepturus</i>	цгт	os	+		
XLII. Scombridae					
171. <i>Scomber japonicus</i>	к	ср		+	
XLIII. Centrolophidae					
172. <i>Hyperoglyphe japonica</i>	нб-ст	os	+	+	
XLIV. Stromateidae					
173. <i>Pampus argenteus</i>	тр-ст	os	+	+	
174. <i>Pampus echinogaster</i>	нб-ст	os	+	+	

Семейство, вид	R	EG	ЗПВ	СП	ТП
XLV. Pleuronectidae					
175. <i>Acanthopsetta nadeshnyi</i>	нб-аз	os	+++	+++	+++
176. <i>Atheresthes evermanni</i>	ш-аз	mb		+	+
177. <i>Cleisthenes herzensteini</i>	нб-аз	is	++	+	+
178. <i>Clidoderma asperrimum</i>	ш-т	mb		+	+
179. <i>Glyptocephalus stelleri</i>	ш-аз	os	+++	+++	+++
180. <i>Hippoglossoides dubius</i>	нб-аз	os	++	++	++
181. <i>Hippoglossus stenolepis</i>	а-б	os		+	
182. <i>Kareius bicoloratus</i>	нб-ст	is	+		
183. <i>Lepidopsetta mochigarei</i>	нб-аз	is	+	+	++
184. <i>Limanda aspera</i>	а-б	is	++	+	+++
185. <i>Limanda punctatissima</i>	нб-аз	is	+++	+	+
186. <i>Limanda sakhalinensis</i>	ш-аз	os	+	+	++
187. <i>Liopsetta pinnifasciata</i>	нб-аз	is	++	+	+
188. <i>Platichthys stellatus</i>	а-б	is	+	+	++
189. <i>Pleuronectes quadrituberculatus</i>	ш-т	is	+	+	+
190. <i>Pseudopleuronectes herzensteini</i>	нб-аз	is	+++	+	+
191. <i>Pseudopleuronectes obscurus</i>	нб-аз	is	+	+	+
192. <i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>	нб-аз	is	+++	+	+
XLVI. Monacanthidae					
193. <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	нб-ст	is	+		
194. <i>Thamnaconus modestus</i>	тр-ст	is	+	+	
XLVII. Tetraodontidae					
195. <i>Takifugu pardalis</i>	нб-ст	ср	+		
196. <i>Takifugu porphyreus</i>	нб-ст	ср	+		
197. <i>Takifugu rubripes</i>	нб-ст	ср	+		
198. <i>Takifugu xanthopterus</i>	нб-ст	ср	+		

Примечание. ЗПВ – залив Петра Великого, СП – северное Приморье, ТП – хабаровская часть подзоны Приморье (приматериковая часть Татарского пролива); + – низкая, ++ – средняя, +++ – высокая частота встречаемости вида; R – происхождение вида (нб-аз – низкореальный приазиатский, нб-ст – низкореальный субтропический, ш-аз – широкобореальный приазиатский, ш-т – широкобореальный тихоокеанский, а-б – арктическо-бореальный, вб-аз – высокобореальный приазиатский, вб-т – высокобореальный тихоокеанский, к – космополит, тр-ст – тропическо-субтропический, цп – циркумполярный, цгт – циркумглобальный тепловодный); EG – экологическая группировка вида (l – литоральный, is – сублиторальный, os – элиторальный, mb – мезобентальный, ср – неритопелагический, ер – эпипелагический, ап – проходной, са – полупроходной).

количеством молоди в их скоплениях, средний вес одной рыбы в подзоне понижался.

В целом, от оценённых ресурсов рыб в российской зоне Японского моря на долю подзоны Приморье в среднем приходится 62,4% по биомассе и 68,2% – по численности, оставшаяся часть ресурсов сосредото-

чивается, соответственно, в западно-сахалинской подзоне. По среднемноголетним данным, большая часть ресурсов рыб подзоны Приморье (43,3% по биомассе и 37,4% по численности) локализуется в северном Приморье, хабаровская часть подзоны вносит 30,5% в общую биомассу и 34,4% в общую чис-

ленность, а залив Петра Великого – 26,2% в биомассу и 28,2% в численность.

При рассмотрении динамики удельной биомассы всех рыб в подзоне Приморье значительных скачков в величине этого показателя нами отмечено не было. Общая удельная биомасса рыб подзоны была выше в 2010, 2014 и 2019 гг. (7,2–8,7 т/км²) и ниже в 2009 и 2020 гг. (3,2–3,3 т/км²), а в большинстве случаев менялась от 4,5 до 5,8 т/км².

Более значительные колебания общей биомассы рыб на единицу площади наблюдались в конкретных районах подзоны. Так, в заливе Петра Великого она варьировала от 2,5 до 12,9 т/км², в северном Приморье – от 2,8 до 12,1 т/км², а в хабаровской части подзоны – от 2,8 до 6,4 т/км². Во всех районах многолетние вариационные ряды удельных биомасс подчинялись закону нормального распределения, о чем свидетельствуют эмпирические значения эксцесса и асимметрии, которые в абсолютном выражении ниже критических значений (табл. 3). В целом, среднесуточная ихтиомасса на единицу площади была более высока в заливе Петра Великого (7,9 т/км²) и северном Приморье (6,5 т/км²) и несколько ниже в хабаровской части подзоны (4,2 т/км²).

Сравнение удельной биомассы всех рыб с помощью критерия Стьюдента показало, что между заливом Петра Великого и северным Приморьем достоверные различия по этому показателю не выявлены, так как в данном случае рассчитанное значение критерия было ниже критического даже при 95%-ном уровне значимости. Но сравнение значений удельной ихтиомассы в северном Приморье и Хабаровском крае показало, что в северном Приморье с вероятностью 95% этот показатель выше, чем в хабаровской части подзоны. В дополнение к этому, была обнаружена прямая взаимосвязь между изменениями плотности биомассы рыб в северном Приморье и в Хабаровском крае, соответствующая коэффициенту корреля-

ции 0,71. В то же время между изменениями удельной биомассы рыб в северном Приморье и в заливе Петра Великого зависимости не прослеживалось, что выразилось в виде незначительного отрицательного коэффициента корреляции, равного –0,02. Два северных района подзоны подвержены действию одного и того же Приморского течения [Юрасов, Яричин, 1991], что, несомненно, отражается на распределении рыб в них. А на распределение биоты в заливе Петра Великого уже влияет совокупность других факторов, находящихся в связи с более южными течениями и круговоротами воды в Японском море.

Биомасса камбал в подзоне Приморье изменялась от 32,3 до 154,4 тыс. т, составляя в среднем 81,9 тыс. т. Средний вес их одной особи в каждом году превышал 100 г и варьировал от 115 до 198 г.

Удельная биомасса всех камбал в подзоне (рис. 2) была относительно низка в 2009 г. (0,9 т/км²), но в 2010 г. увеличилась примерно в 2 раза, за счёт вступления в промысловое стадо среднеурожайных поколений части их массовых видов, появившихся в середине и второй половине нулевых годов нынешнего века [Кравченко, Измятинский, 2019]. В течение следующих пяти лет удельная биомасса камбал в подзоне держалась примерно на уровне 1,5–2,2 т/км², а потом начала снижаться, составляя около 1,1 т/км² на протяжении 2015–2017 гг., но в 2018 г. упав до 0,8 т/км², а в 2020 – до 0,6 т/км².

Динамика уровня ресурсов камбал в определенной степени коррелировала с увеличением и уменьшением среднего веса их особей, который достигал относительно высоких значений в 2009–2010 гг. (160–190 г), затем снижался до 115 г в 2014 г. и снова повысился к 2019–2020 гг. до 190–200 г. То есть, в целом, при уменьшении биомассы камбал повышался их средний вес, что свидетельствовало об отсутствии в ближайшие предшествующие годы урожайных поколений и некотором старении популяций.

Таблица 3. Вариабельность общей биомассы рыб на единицу площади (т/км²) в подзоне Приморье и трех конкретных её районах по данным съёмов 2009–2020 гг.

Table 3. Variability of the total biomass of fish per unit of area (t/km²) in the Primorye subzone and in its three specific areas according to the surveys of 2009–2020

Район	<i>M</i>	<i>m</i>	σ	<i>E</i>	<i>E_{кр}</i>	<i>A</i>	<i>A_{кр}</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Зал. Петра Великого	7,93	1,05	3,16	0,11	3,67	-0,22	1,90	2,54	12,86
северное Приморье	6,45	0,73	2,43	2,32	3,84	1,08	1,79	2,84	12,11
Татарский пролив	4,24	0,47	1,32	-1,05	3,53	0,54	1,95	2,79	6,41
подзона Приморье	5,74	0,47	1,63	-0,14	3,88	0,07	1,75	3,22	8,69

Примечание. *M* – среднее значение; *m* – ошибка средней; σ – среднеквадратичное отклонение; *E* – эксцесс; *A* – асимметрия; *E_{кр}* и *A_{кр}* – критические значения эксцесса и асимметрии; *Min* и *Max* – минимальное и максимальное значения биомассы.

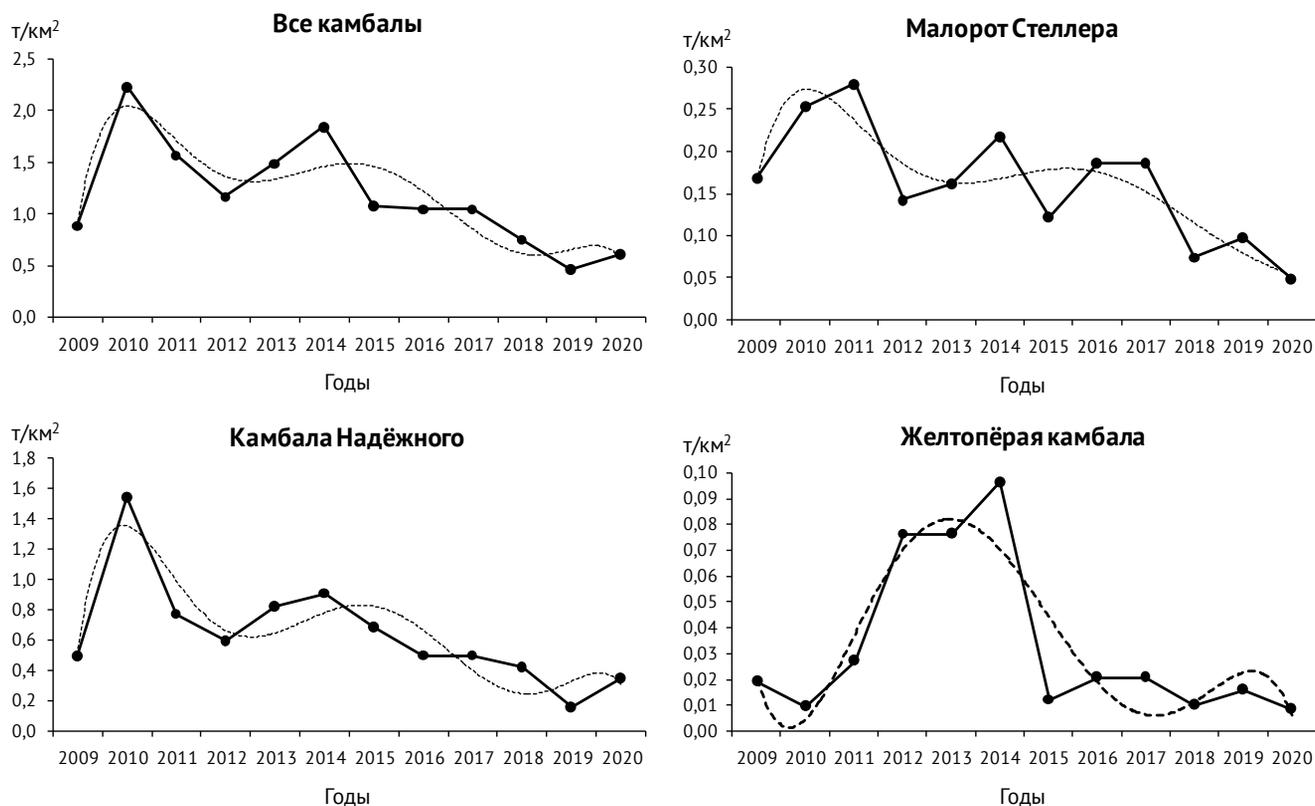


Рис. 2. Межгодовая динамика удельной биомассы камбал в подзоне Приморье, по данным учётных донных траловых съёмок 2009–2020 гг.: толстой сплошной линией показана эмпирическая зависимость, тонкой пунктирной – теоретическая полиномиальная зависимость

Fig. 2. Interannual dynamics of the specific biomass of flounders in the Primorye subzone, according to the data of the bottom trawl surveys of 2009–2020: the thick solid line shows empirical dependence, the thin dotted line – theoretical polynomial dependence

По конкретным районам средняя суммарная удельная биомасса камбал менялась не сильно, составляя 1,1 т/км² – в заливе Петра Великого, 1,3 т/км² – в северном Приморье и 1,4 т/км² – в хабаровской части подзоны, и, согласно значениям критерия Стьюдента, в этих районах значимо не различалась, так как фактические значения последнего (0,23–0,51) были ниже критических при 95%-ном уровне значимости (2,086–2,093). Кроме того, между изменениями удельной биомассы камбал в разных районах подзоны прослеживалась средняя и сильная корреляция – для залива Петра Великого и северного Приморья – 0,77, а для северного Приморья и Хабаровского края – 0,54. Видимо, это обусловлено тем, что распределение донных камбал меньше подвержено влиянию течений, чем придонных и придонно-пелагических видов, а другие факторы среды в сравниваемых районах сходны.

Относительно отдельных видов камбал можно сказать, что в северном Приморье наибольшая промысловая нагрузка приходилась на камбалу Надёж-

ного (*Acanthopsetta nadeshnyi* Schmidt, 1904) и малорота Стеллера (*Glyptocephalus stelleri* Schmidt, 1904), а в заливе Петра Великого – на желтоперую камбалу (*Limanda aspera* Pallas, 1814). Межгодовая динамика удельной биомассы камбалы Надёжного и малорота Стеллера (рис. 2) была близка к рассмотренной динамике этого показателя для камбал в целом, а динамика биомассы на единицу площади желтопёрой камбалы несколько отличалась. В связи с более поздним, после депрессии первой половины нулевых годов, появлением урожайных поколений у желтопёрой камбалы, увеличение её ресурсов наблюдалось от 2010 г. к 2014 г. – от 0,010 до 0,097 т/км² в расчёте на всю подзону. Затем удельная биомасса желтоперой камбалы снизилась и держалась на относительно низком уровне (0,009–0,021 т/км²) в течение 2015–2020 гг. Для находящихся далеко друг от друга залива Петра Великого и второго предпочтительного для желтопёрой камбалы района – Татарского пролива явно характерны разные внутривидовые группировки данной камбалы, но изменения величины её биомас-

сы в этих двух районах происходили почти синхронно (корреляция составила почти 80%).

В подзоне Приморье к промысловым бычкам относятся представители двух семейств Cottidae и Hemitripterae. Их суммарная биомасса здесь, по данным учётных съёмов, варьировала от 31,2 до 134,1 тыс. т, при среднем значении 89,9 тыс. т (рис. 3). Средний вес одного неидентифицированного до вида бычка в разные годы изменялся от 195 до 356 г, составив в среднем 267 г. Удельная биомасса бычков в подзоне, начиная с 2009 г., когда она была равна 647 кг/км², до 2016 г. повышалась, достигнув к этому времени величины около 2 т/км². Затем началось снижение удельной биомассы бычков – до 452 кг/км² в 2020 г. Так как целевого промысла бычков в подзоне Приморье не ведётся, мы полагаем, что наблюдавшееся в настоящее время уменьшение их ресурсов обусловлено не промысловым прессом, а естественными причинами, и что это снижение биомассы бычков закономерно сменится естественным подъёмом их численности.

По районам удельная среднемноголетняя биомасса бычков уменьшается с юга на север: в заливе Петра Великого она составила 2,03 т/км², в северном Приморье – 1,7 т/км² и в Хабаровском крае – 0,56 т/км². При этом оценки биомассы бычков на единицу площади в заливе Петра Великого и северном Приморье по величине достоверно не различались, но в северном Приморье удельная биомасса бычков с вероятностью 99,9% была выше, чем в Хабаровской части подзоны.

Межгодовые изменения плотности биомассы отдельных массовых видов бычков в основном происходили так же, как изменения плотности биомассы всей этой группы рыб в целом. В частности, по описанной для бычков тенденции менялась в разные годы удельная биомасса многоиглого (*Myoxocephalus polyacanthocephalus* Pallas, 1814) и яка (*M. jaok* Cuvier, 1829) керчаков (рис. 3). Сходным образом происходили изменения в плотности биомассы и охотского шлемоносца (*Gymnocanthus detrisus* Gilbert & Burke, 1912) (рис. 3), с той только разницей, что его ресурсы

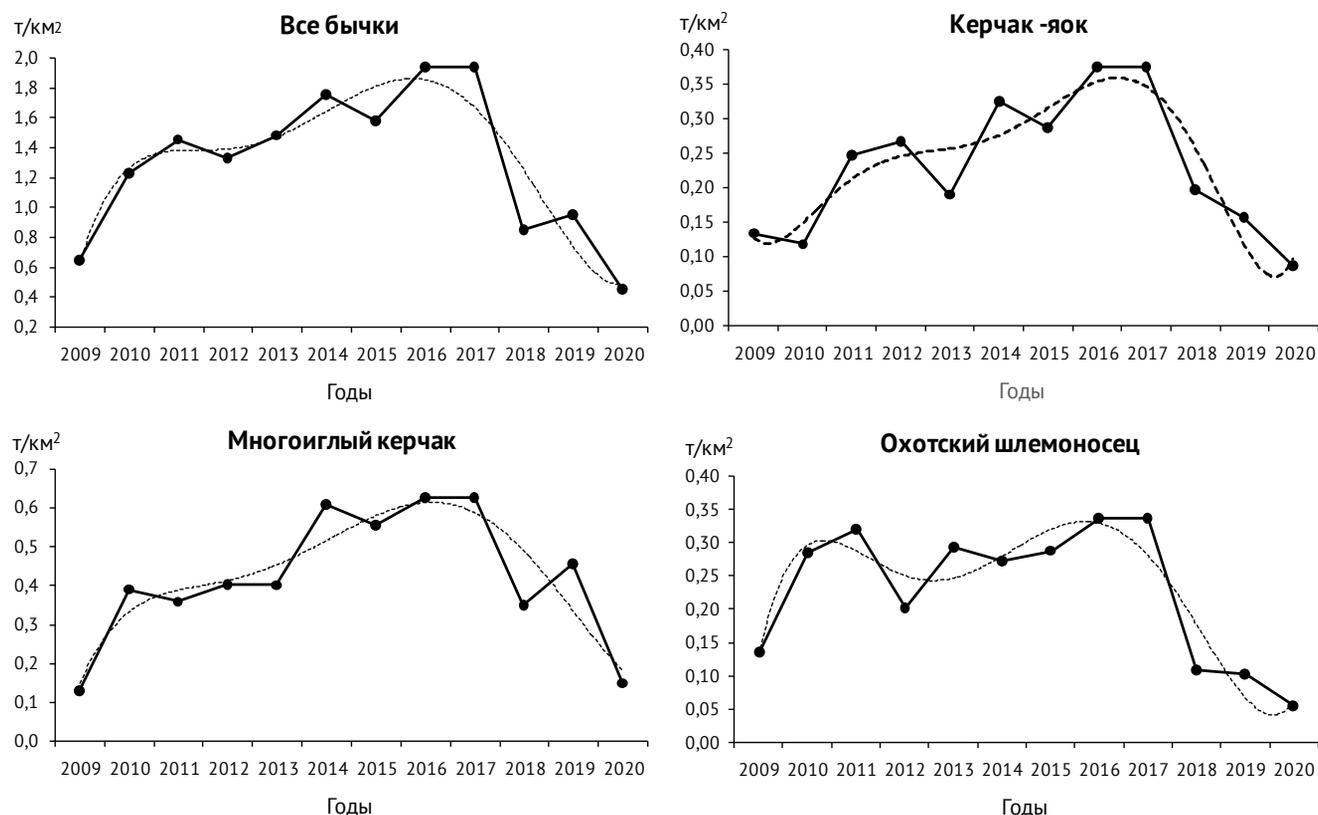


Рис. 3. Межгодовая динамика удельной биомассы бычков в подзоне Приморье, по данным учётных донных траловых съёмов 2009–2020 гг.: толстой сплошной линией показана эмпирическая зависимость, тонкой пунктирной – теоретическая полиномиальная зависимость

Fig. 3. Interannual dynamics of specific biomass of sculpins in the Primorye subzone, according to the data of the bottom trawl surveys of 2009–2020: the thick solid line shows empirical dependence, the thin dotted line – theoretical polynomial dependence

вышли на относительно высокий уровень уже в 2011 г. и мало менялись в сторону повышения до 2016 г., а потом, как и у других бычков, заметно снизились.

Суммарная биомасса южного однопёрого терпуга в подзоне Приморье, по материалам учётных съёмок, с 2009 по 2020 гг. изменялась от 13,4 до 90,0 тыс. т, составив в среднем 37,1 тыс. т. Средняя масса особей терпуга по годам варьировала от 72 до 357 г. Удельная биомасса этого вида в разные годы менялась от 0,2 до 1,3 т/км² (рис. 4). Вследствие чередования среднеурожайных и низкоурожайных поколений терпуга, его суммарная удельная биомасса по годам варьировала от предельно низких значений к предельно высоким в течение всего рассматриваемого периода. В разных районах подзоны удельная среднеголетняя биомасса терпуга почти не различалась. В заливе Петра Великого она составила 0,48 т/км², в северном Приморье – 0,55 т/км² и в Хабаровском крае – 0,6 т/км².

Биомасса наваги, по данным съёмок, в подзоне Приморье варьировала от 2,3 до 22,5 тыс. т, при сред-

нем значении 12,1 тыс. т; а средний вес её особей в разные годы менялся от 16 до 93 г, составив в среднем 46 г. По значениям удельной биомассы наваги на единицу площади, рассматриваемый отрезок времени можно разделить на два периода. Период высокой биомассы наваги отмечался с 2009 по 2014 гг. (рис. 4). Но в 2015 г. плотность биомассы наваги снизилась более, чем в 2 раза, а после 2017 г. ещё в 2 раза, достигнув минимальной величины в 2020 г. (34 кг/км²). Возможно, с 2015 г. начался период естественного снижения численности наваги, так как её биомасса была особенно высока практически непрерывно с конца 90-х годов XX столетия до 2014 г., а ранее на протяжении долгого времени её численность была существенно ниже [Гаврилов и др., 1988; Вдовин, 1996; Дударев, 1996; Дударев и др., 1998, 2000].

Самые значительные скопления наваги отмечались в заливе Петра Великого – по среднеголетним данным, 0,8 т/км². В двух других рассматриваемых районах подзоны плотность её биомассы была ниже и практически одинакова (0,077–0,078 т/км²).

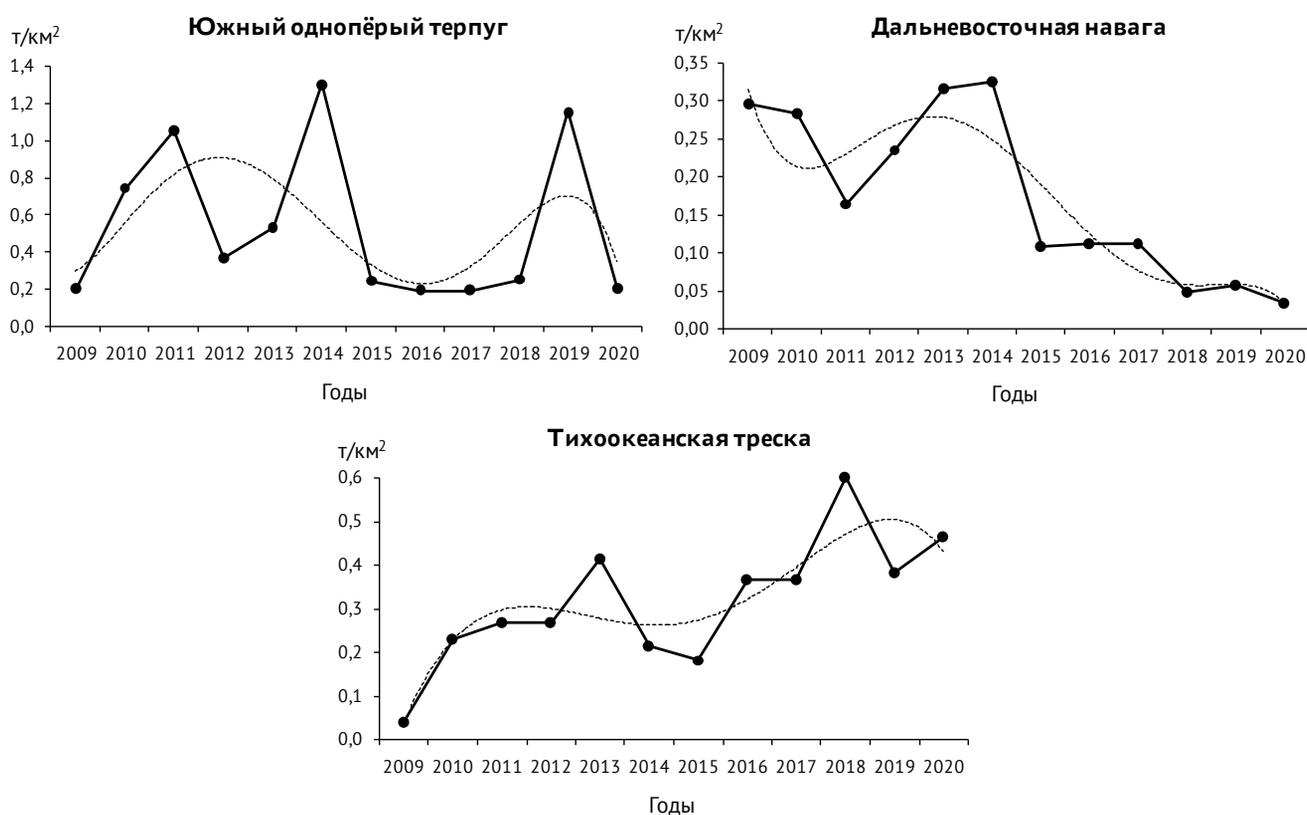


Рис. 4. Межгодовая динамика удельной биомассы южного однопёрого терпуга, дальневосточной наваги и тихоокеанской трески в подзоне Приморье, по данным учётных донных траловых съёмок 2009–2020 гг.: толстой сплошной линией показана эмпирическая зависимость, тонкой пунктирной – теоретическая полиномиальная зависимость

Fig. 4. Interannual dynamics of the specific biomass of arabesque greenling, saffron cod and pacific cod in the Primorye subzone, according to the data of the bottom trawl surveys of 2009–2020: the thick solid line shows empirical dependence, the thin dotted line – theoretical polynomial dependence

Средний вес самой крупноразмерной из рассматриваемых видов трески по годам варьировал от 627 до 3642 г, при среднем значении 1958 г. Суммарная биомасса трески в подзоне на протяжении данного отрезка времени менялась от 2,8 до 41,4 тыс. т, составляя в среднем 21,8 тыс. т. От начала периода исследований к его концу удельная биомасса трески, в целом, повышалась (рис. 4). Ранее было показано, что обычно за годами высокой численности трески следует серия лет не такой высокой её численности [Измятинский, 2012]. Тем не менее, по сравнению с величиной биомассы трески на единицу площади в 2009 г., к 2020 г. этот показатель вырос примерно в 10 раз.

Особенно значительные концентрации трески сосредоточены в северной части подзоны Приморье. В то время как в заливе Петра Великого средняя плотность биомассы трески составила 120 кг/км², а в северном Приморье – 168 кг/км², в Хабаровском крае она была равна 549 кг/км².

С помощью критерия Фишера нами было выполнено сравнение долей рассмотренных видов в составе общей биомассы рыб (или биомассы определённой группы рыб) каждого из выделенных районов подзоны (табл. 4). Оказалось, что доли каждого из видов в составе сравниваемой биомассы рыб разных райо-

нов всегда достоверно различались, так как полученные значения критерия неизменно были выше критического.

При рассмотрении в конкретных районах долей каждого из видов от его общей биомассы в подзоне (табл. 5) видно, что на долю биомасс отдельных видов в заливе Петра Великого приходится от 5,7 до 65,9% их биомасс в подзоне, при том, что площадь залива Петра Великого составляет 16,2% от общей площади подзоны. Доля биомасс анализируемых видов в северном Приморье варьировала от 8,7 до 88,5%, в то время как на долю площади северного Приморья приходится 39,9% от всей площади подзоны. В Хабаровском крае доли биомасс видов составляют от 0,1 до 67,7% от их общих биомасс в подзоне, при том, что площадь хабаровской части подзоны вносит 43,9% в общую площадь подзоны.

На основании этих данных можно видеть, какие районы подзоны более предпочтительны для каждого из конкретных объектов промысла. Так, в заливе Петра Великого особенно высока плотность наваги и керчака-яока, в северном Приморье – камбалы Надёжного, многоиглого керчака, охотского и дальневосточного (*Gymnocanthus herzensteini* Jordan & Starks, 1904) шлемоносцев, а в хабаровской части подзо-

Таблица 4. Доли биомассы вида в составе биомассы конкретных районов
Table 4. Shares of the biomass of a species in the biomass of concrete areas

Вид (доля)	ЗПВ	СП	ТП	F(ЗПВ/СП)	F(СП/ТП)
<i>Acanthopsetta nadeshnyi</i> (в составе биомассы камбал)	0,17	0,66	0,58	2264,9	116,7
<i>Glyptocephalus stelleri</i> (в составе биомассы камбал)	0,13	0,21	0,06	63,5	551,8
<i>Limanda aspera</i> (в составе биомассы камбал)	0,055	0,007	0,046	21,4	29,5
<i>Muohoccephalus polyacanthocephalus</i> (в составе биомассы бычков)	0,15	0,37	0,40	722,4	14,7
<i>Muohoccephalus jaok</i> (в составе биомассы бычков)	0,44	0,04	0,24	2359,8	525,9
<i>Gymnocanthus detrisus</i> (в составе биомассы бычков)	0,08	0,23	0,17	354,6	57,4
<i>Gymnocanthus herzensteini</i> (в составе биомассы бычков)	0,08	0,17	0,01	116,0	294,5
<i>Pleurogrammus azonus</i> (в составе биомассы всех рыб)	0,06	0,09	0,14	39,5	211,6
<i>Eleginus gracilis</i> (в составе биомассы всех рыб)	0,10	0,01	0,02	500,3	3,4
<i>Gadus macrocephalus</i> (в составе биомассы всех рыб)	0,02	0,02	0,13	4,8	826,8

Примечание. ЗПВ – залив Петра Великого; СП – северное Приморье; ТП – хабаровская часть подзоны; F(ЗПВ/СП) – значение критерия Фишера при сравнении долей данного объекта в заливе Петра Великого и северном Приморье, F(СП/ТП) – в северном Приморье и хабаровской части подзоны, критическое значение критерия Фишера во всех случаях составляло 3,843.

Таблица 5. Соотношение биомассы конкретных объектов (%) в разных районах подзоны Приморье
Table 5. The ratio of biomass of specific objects (%) in different areas of the Primorye subzone

Объект	ЗПВ	СП	ТП	Подзона
Камбала Надёжного	5,7	64,1	30,2	100,0
Малорот Стеллера	15,2	64,1	20,7	100,0
Желтопёрая камбала	23,4	11,6	65,0	100,0
Все камбалы	25,9	39,0	35,1	100,0
Многоиглый керчак	12,9	62,2	24,9	100,0
Керчак-яок	62,3	8,7	29,0	100,0
Охотский шлемоносец	10,7	70,3	19,0	100,0
Дальневосточный шлемоносец	11,4	88,5	0,1	100,0
Все бычки	26,0	55,5	18,5	100,0
Южный однопёрый терпуг	14,0	48,3	37,7	100,0
Дальневосточная навага	65,9	17,3	16,8	100,0
Тихоокеанская треска	9,2	23,1	67,7	100,0

Примечание. ЗПВ – залив Петра Великого; СП – северное Приморье; ТП – хабаровская часть подзоны.

ны – желтопёрой камбалы и трески. Распространение остальных рассмотренных видов по разным районам подзоны было сравнительно равномерным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Общая удельная биомасса рыб в подзоне Приморье в 2009–2020 гг. оставалась примерно на одном уровне, в большинстве случаев меняясь от 4,5 до 5,8 т/км². Залив Петра Великого и северное Приморье по величине биомассы всех рыб на единицу площади (6,5–7,9 т/км²) значительно не различались, а в хабаровской части подзоны этот показатель был достоверно ниже (4,2 т/км²).

За время исследований отмечено уменьшение ресурсов камбал и наваги. У бычков биомасса сначала несколько возросла, а затем тоже сократилась. Ресурсы терпуга существенно колебались по годам без проявления чётких тенденций. А биомасса трески, в целом, существенно повысилась, за счёт увеличения численности трески Татарского пролива. Поскольку выделяемые объёмы на добычу рассматриваемых рыб, по данным официальной промысловой статистики, значительно недооцениваются, мы полагаем, что уменьшение ресурсов части этих видов вызвано не промысловым прессом, а естественной динамикой их численности, совпавшей с периодом естественного снижения, который должен закономерно смениться периодом естественного роста биомасс.

Благодарности

Авторы благодарят коллег по «ТИНРО» А.Н. Вдовина, П.В. Калчугина, В.В. Панченко, С.Ф. Соломатова, Д.В. Антоненко, М.И. Бойко, А.И. Галева и И.В. Маль-

цева, участвовавших в научно-исследовательских экспедициях по подзоне Приморье в период с 2009 по 2020 гг.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все требуемые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания «ТИНРО» по теме «Исследования распределения и биологии донных и придонно-пелагических видов рыб Берингова, Охотского и северо-западной части Японского морей, океанских вод Камчатки и Курильских островов».

ЛИТЕРАТУРА

- Амброз А.И. 1931. Сельдь (*Clupea harengus pallasii* C.V.) зал. Петра Великого // Известия ТИНРО. Т. 6. 313 с.
- Аксютин З.М. 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. М.: Пищевая пром-ть. 289 с.
- Борец Л.А. 1997. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. Владивосток: ТИНРО-Центр. 217 с.
- Вдовин А.Н. 1996. Состав и биомасса рыб Амурского залива // Известия ТИНРО. Т. 119. С. 72–88.
- Вдовин А.Н., Зуенко Ю.И. 1997. Вертикальная зональность и экологические группировки рыб залива Петра Великого // Известия ТИНРО. Т. 122. С. 152–176.

Вдовин А.Н., Измятинский Д.В., Соломатов С.Ф. 2004. Основные результаты исследований рыб морского прибрежного комплекса Приморья // Известия ТИНРО. Т. 138. С. 168–190.

Гаврилов Г.М., Пушкарева Н.Ф., Стрельцов М.С. 1988. Состав и биомасса донных и придонных рыб экономической зоны СССР Японского моря // Изменчивость состава ихтиофауны, урожайности поколений и методы прогнозирования запасов рыб в северной части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО. С. 37–55.

Громыко Г.Л. 1981. Статистика. М.: МГУ, 407 с.

Дубровская Н.В. 1953. Биология и промысел дальневосточной наваги: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 14 с.

Дударев В.А. 1996. Состав и биомасса донных и придонных рыб на шельфе северного Приморья // Вопросы ихтиологии. Т. 36. № 3. С. 333–338.

Дударев В.А., Зуенко Ю.И., Ильинский Е.Н., Калчугин П.В. 1998. Новые данные о структуре сообществ донных и придонных рыб на шельфе и свале глубин Приморья // Известия ТИНРО. Т. 123. С. 3–15.

Дударев В.А., Измятинский Д.В., Калчугин П.В. 2000. Некоторые аспекты пространственной и временной изменчивости сообществ донных рыб северного Приморья // Известия ТИНРО. Т. 127. С. 109–118.

Зайцев Г.Н. 1984. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 424 с.

Измятинский Д.В. 2012. Временная и пространственная изменчивость биомассы рыб в элиторали российской зоны Японского моря // Вопросы ихтиологии. Т. 52. № 1. С. 39–49.

Измятинский Д.В., Калчугин П.В. 2010. Состав и количество рыб в элиторали российских вод Японского моря в тёплое и холодное время года // Известия ТИНРО. Т. 161. С. 79–91.

Калчугин П.В., Измятинский Д.В., Соломатов С.Ф., Антоненко Д.В., Нуждин В.А., Панченко В.В. 2006. Состав и биомасса донного ихтиоценоза у материкового побережья западной части Японского моря в летний период // Вопросы рыболовства. Т. 7. № 3 (27). С. 464–480.

Кравченко Д.Г., Измятинский Д.В. 2019. Оценка обилия донных рыб на шельфе и материковом склоне северного Приморья // Вопросы ихтиологии. Т. 59. № 4. С. 461–471.

Моисеев П.А. 1953. Треска и камбалы дальневосточных морей // Известия ТИНРО. Т. 44. 288 с.

Пустыльник Е.И. 1968. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. М.: Наука, 288 с.

Соломатов С.Ф. 2008. Состав и многолетняя динамика донных ихтиоценозов Северного Приморья. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-Центр, 24 с.

Суходольский Г.В. 1972. Основы математической статистики для психологов. Л.: ЛГУ, 429 с.

Шейко Б.А. 1983. К познанию ихтиофауны залива Петра Великого // Биология моря. № 4. С. 14–20.

Шейко Б.А., Федоров В.В. 2000. Рыбообразные и рыбы // Каталог позвоночных Камчатки и сопредельных морских акваторий. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 7–69.

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

Юрасов Г.И., Ярычин В.Г. 1991. Течения Японского моря. Владивосток: ДВО АН СССР, 176 с.

REFERENCES

Ambroz A.I. 1931. Pacific herring (*Clupea harengus pallasi* C.V.) of Peter the Great Bay // Izvestiya TINRO. Vol. 6. 313 p. (In Russ.)

Aksyutina Z.M. 1968. Elements of mathematical evaluation of the results of observations in biological and fisheries research. M.: Pishchevaya promyshlennost. 289 p. (In Russ.)

Borets L.A. 1997. Bottom ichthyocenes of the Russian shelf of the Far Eastern seas: composition, structure, elements of functioning and commercial significance. Vladivostok: TINRO-center. 217 p. (In Russ.)

Vdovin A.N. 1996. Composition and biomass of fish in the Amur Bay // Izvestiya TINRO. Vol. 119. P. 72–88. (In Russ.)

Vdovin A.N., Izmyatinsky D.V., Solomatov S.F. 2004. The main results of studies of fish of the coastal marine complex of Primorye // Izvestiya TINRO. Vol. 138. P. 168–190. (In Russ.)

Vdovin A.N., Zuenko Yu.I. 1997. Vertical zonality and ecological groupings of fish in Peter the Great Bay // Izvestiya TINRO. Vol. 122. P. 152–176. (In Russ.)

Gavrilov G.M., Pushkareva N.F., Streltsov M.S. 1988. Composition and biomass of bottom and near-bottom fish of the economic zone of the USSR of the Sea of Japan // Variability of the composition of the ichthyofauna, generation yields and methods of forecasting fish stocks in the North Pacific Ocean. Vladivostok: TINRO. P. 37–55. (In Russ.)

Gromyko G.L. 1981. Statistics. Moscow: MSU, 407 p. (In Russ.)

Dubrovskaya N.V. 1953. Biology and fishing of the Saffron Cod: Autoref. dis. ... cand. biol. sciences. Moscow, 14 p. (In Russ.)

Dudarev V.A. 1996. Composition and biomass of bottom and near-bottom fish on the shelf of the Northern Primorye // Russian Journal of Ichthyology. Vol. 36. No. 3. P. 333–338. (In Russ.)

Dudarev V.A., Izmyatinsky D.V., Kalchugin P.V. 2000. Some aspects of spatial and temporal variability of bottom fish communities of the Northern Primorye // Izvestiya TINRO. Vol. 127. P. 109–118. (In Russ.)

Dudarev V.A., Zuenko Yu.I., Ilyinsky E.N., Kalchugin P.V. 1998. New data about the structure of bottom and near-bottom fish communities on the shelf and the continental slope of Primorye // Izvestiya TINRO. T. 123. P. 3–15. (In Russ.)

Zaytsev G.N. 1984. Mathematical statistics in experimental botany. Moscow: Nauka, 424 p. (In Russ.)

Izmyatinsky D.V. 2012. Temporal and spatial variability of fish biomass in the elittoral of the Russian zone of the Sea of Japan // Russian Journal of Ichthyology. Vol. 52. No. 1. P. 39–49. (In Russ.)

Izmyatinsky D.V., Kalchugin P.V. 2010. The composition and abundance of fish in the elittoral of the Russian waters of the Sea of Japan in the warm and the cold seasons // Izvestiya TINRO. Vol. 161. P. 79–91. (In Russ.)

Kalchugin P.V., Izmyatinsky D.V., Solomatov S.F., Antonenko D.V., Nuzhdin V.A., Panchenko V.V. 2006. Composition and biomass of the bottom ichthyocene near the continental coast of the western part of the Sea of Japan in the

- summer period // *Voprosy Rybolovstva*. Vol. 7. No. 3 (27). P. 464–480. (In Russ.)
- Kravchenko D.G., Izmyatinsky D.V.* 2019. Assessment of the abundance of bottom fish on the shelf and the continental slope of the Northern Primorye // *Russian Journal of Ichthyology*. Vol. 59. No. 4. P. 461–471. (In Russ.)
- Moiseev P.A.* 1953. Pacific cod and flounders of the Far Eastern seas // *Izvestiya TINRO*. Vol. 44. 288 p. (In Russ.)
- Pustynnik E.I.* 1968. Statistical methods of analysis and processing of observations. Moscow: Nauka, 288 p. (In Russ.)
- Solomatov S.F.* 2008. Composition and long-term dynamics of bottom ichthyocenoses of the Northern Primorye. Autoref. dis. ... cand. biol. sciences. Vladivostok: TINRO-center, 24 p. (In Russ.)
- Sukhodolsky G.V.* 1972. Fundamentals of mathematical statistics for psychologists. L.: LSU, 429 p. (In Russ.)
- Sheiko B.A.* 1983. To the knowledge of the ichthyofauna of Peter the Great Bay // *Russian Journal of Marine Biology*. No. 4. P. 14–20.
- Sheiko B.A., Fedorov V.V.* 2000. Pisciformes and fishes // Catalogue of vertebrates of Kamchatka and adjacent marine aquatories. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatka Printing Yard. P. 7–69. (In Russ.)
- Shuntov V.P.* 2016. Biology of the Far Eastern seas of Russia. Vol. 2. Vladivostok: TINRO-center, 604 p. (In Russ.)
- Yurasov G.I., Yarychin V.G.* 1991. Currents of the Sea of Japan. Vladivostok: Far Eastern Branch of the USSR Academy of Sciences, 176 p. (In Russ.)

Поступила в редакцию 14.04.2022 г.
Принята после рецензии 22.08.2022 г.



Среда обитания водных биологических ресурсов

Исследование профиля конгенов полихлорированных бифенилов в донных отложениях Баренцева моря

М.А. Новиков, Е.А. Горбачёва

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

Цель работы: исследование различий в уровне содержания и профилях конгенов ПХБ в донных отложениях отдельных районов Баренцева моря, причин, их обуславливающих, выявление основных источников загрязнения.

Материалом исследования послужили данные, собранные в ходе экспедиций «ПИНРО» им. Н.М. Книповича в Баренцевом море в период 2004–2019 гг.; всего обработаны пробы с 630 станций.

Используемые методы: содержание ПХБ определяли методом капиллярной газовой хроматографии на хромато-масс-спектрометре GCMS-QP2010 Plus «Shimadzu» (Япония). Данные обрабатывали с применением ГИС-технологий в среде приложения Arcview 3.2 (ESRI) и описательной статистики в среде MS Excel.

Результаты: выполнена и представлена карта загрязнения донных осадков Баренцева моря ПХБ. Изучен профиль конгенов ПХБ₁₁ и ПХБ₁₂ в осадках из различных районов моря таких как район Кольского залива, шельф Шпицбергена, Центральная впадина, северо-восточная часть Баренцева моря. На специально подобранной группе станций (разрезе) прослежено изменение профиля конгенов ПХБ в донных отложениях по мере удаления от источников загрязнения. Выявлены существенные отличия в профиле конгенов ПХБ района Кольского залива от участка шельфа к юго-востоку от Шпицбергена и других исследованных районов. Показано характерное изменение состава конгенов ПХБ при удалении от Шпицбергена. Основными источниками загрязнения донных отложений шельфа Шпицбергена ПХБ следует считать поступление загрязнения в результате таяния снега, фирна и ледников на арктических архипелагах, а также локальное загрязнение в заливах.

Практическая значимость: полученные результаты позволят лучше понимать процессы, связанные с глобальным загрязнением экосистемы Баренцева моря, и оценить потенциальную опасность загрязнения ПХБ для донных промысловых гидробионтов.

Ключевые слова: Баренцево море, полихлорированные бифенилы, донные отложения, загрязнение, Шпицберген, Кольский залив.

Studies on the profile of polychlorinated biphenyls congeners in bottom sediments of the Barents Sea

Mikhail A. Novikov, Elena A. Gorbacheva

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

This paper **aims** to study variations in the content and profiles of PCB congeners in the bottom sediments in some areas of the Barents Sea, the reasons for their formations, and to identify the main sources of pollution.

The material and methods: The data collected by the scientists of PINRO during the surveys in the Barents Sea from 2004 to 2019 was used to conduct the studies. Totally, samples from 630 stations were examined. The PCB content was detected by capillary gas chromatography using a Shimadzu GCMS-QP2010 Plus chromatograph mass spectrometer (Japan). The data were processed with GIS-technologies using Arcview 3.2 (ESRI) and MS Excel descriptive statistics.

Results: A chart showing the contamination of bottom sediments with PCB in the Barents Sea was compiled and presented. We studied the profile of PCB₁₁ and PCB₁₂ congeners in sediments that were taken from different marine areas, particularly the Kola Bay, the Spitsbergen shelf, the Eastern (Central) Basin and the northeastern Barents Sea. In a number of stations that were chosen for the survey (i. e. the section), we made observations on variations in the profile of PCB congeners in bottom sediments as the distance to the sources of pollution increased. We identified considerable variations in the PCB congeners' profile in the Kola Bay area from the shelf area to the southeast of Spitsbergen and other investigated areas. The paper shows a salient variation in the composition of PCB congeners with increasing distance from Spitsbergen. The pollution caused by melting of snow, firn and glaciers in the Arctic archipelagos, as well as local pollution in the bays should be considered as the main sources of pollution of bottom sediments with PCBs in the Spitsbergen shelf.

Practical relevance: The obtained results will contribute to a better understanding of the processes related to the global pollution of the Barents Sea ecosystem and an assessment of the potential hazard of PCB pollution for demersal commercial marine species.

Keywords: Barents Sea, PCBs, bottom deposits, pollution, Spitsbergen, Kola bay.

ВВЕДЕНИЕ

Полихлорированные бифенилы (ПХБ) относятся к стойким органическим загрязнителям, отличающимся высокой токсичностью и чрезвычайной устойчивостью в окружающей среде [Янин, 1997; АМАР, 2004]. Присутствие повышенного содержания ПХБ в донных отложениях (ДО) представляет потенциальную угрозу жизнедеятельности гидробионтов. Прежде всего, речь идёт об организмах бентоса, в той или иной степени питающихся грунтом, – грунтоедах, собирающих детритофагах и, отчасти, сестонофагах. К числу таких видов бентоса можно отнести важных в промысловом отношении креветок *Pandalus borealis* и имеющих существенное кормовое значение полихет *Brada inhabilis*, *B. granulosa*, Maldanidae, *Spiochaetopterus typicus*, морских ежей *Ctenodiscus crispatus* и др. Известно, что ПХБ отличаются высокой устойчивостью к разложению, распространяются на дальние расстояния, хорошо растворяются в жирах, плохо выводятся из организма и способны к концентрированию в пищевых цепях (биомагнификации) [АМАР, 2003]. ПХБ обладают высокой токсичностью для гидробионтов, вызывают гормональные нарушения, подавляют иммунную систему, негативно воздействуют на репродуктивную функцию, рост, эмбриональное развитие и т. д. [АМАР, 2003; Батоев и др., 2004]. ПХБ оказывают острое воздействие на водные организмы при концентрации выше 1 мкг/л, например, рыба гибнет при концентрации Арохлора-1254 5 мкг/л [Бродский и др., 2004].

Загрязнение донных отложений ПХБ происходит преимущественно за счёт осаждения взвеси. Загрязнённая ПХБ взвесь поступает, главным образом, с терригенным стоком; также загрязнение взвеси может происходить непосредственно в воде, вследствие адсорбции [Чуйко и др., 2010; McGovern et al., 2022]. Взвесь переносится течениями на различные расстояния, постепенно оседая и аккумулируясь на поверхности ДО.

Ранее нами показано, что шельф вокруг архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа является областью повышенного загрязнения ДО гексахлорбензолом и ДДТ [Новиков, 2021]. Это связано с дальним трансграничным атмосферным переносом загрязнения хлорорганическими соединениями (ХОС) на поверхность островов, включая ледники, преимущественно из Западной Европы и Северной Америки. Это старое загрязнение, поскольку упомянутые ХОС, а также ПХБ были запрещены для производства в Западной Европе и Северной Америке много десятилетий назад. В частности, ПХБ ещё в 1966 г. [Zaborska et al., 2011]. По решению Стокгольмской конвенции

(2001 г.) ПХБ должны быть изъяты из эксплуатации до 2015 г. и уничтожены до 2025 г. Российская Федерация ратифицировала данный документ в 2011 г. [Запевалов, 2018].

Показано, что комбинированное влияние перемешивания донных отложений ($< 0,1$ см/год) и низкой скорости седиментации ($< 0,1$ мм/год) в западной части Баренцева моря, ограничивает точность оценки времени (хронологию) нисходящих изменений концентраций загрязняющих веществ в толще осадков. В результате этого верхний слой осадка толщиной 2 см обычно содержит гомогенную смесь концентраций загрязняющих веществ за период примерно 50 лет [Carroll et al., 2008; Zaborska et al., 2008]. Приведённое выше замечание отражает тот факт, что взятая в море проба донных отложений показывает не сиюминутную ситуацию, а накопленную информацию о современном уровне загрязнения за последние десятилетия.

Цель настоящей работы – исследование различий в уровне содержания и профилях конгенов ПХБ в ДО отдельных районов Баренцева моря, анализ причин, их обуславливающих, и выявление основных источников загрязнения.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований служили пробы поверхностного слоя ДО (до 2 см), отобранные в морских экспедициях «ПИНРО» им. Н.М. Книповича» при изучении состояния морских биоресурсов и среды их обитания в 2004–2019 гг. Для отбора проб ДО использовали дночерпатель Ван Вина с площадью захвата не менее $0,1$ м². Каждая проба сырого осадка помещалась в отдельные герметичные полиэтиленовые пакеты по 1 кг. Воздух из пакетов удаляли, после чего пробу подвергали заморозке при температуре минус 20 °С и хранили в темноте. Всего в период с 2004 по 2019 гг. было обработано 630 станций на содержание ПХБ, расположенных на всей акватории Баренцева моря. Уровни содержания ПХБ в ДО определялись в лаборатории химико-аналитических исследований ПИНРО.

Определение содержания ПХБ в пробах ДО выполняли по известной методике М–МВИ-09–97.¹ ПХБ из ДО экстрагировали смесью н-гексана и ацетона в отношении 3:1 на ультразвуковой бане в течение 30 мин. ПХБ – 11, реже 12 конгенов с номерами по

¹ Методика выполнения измерений массовой доли полихлорированных бифенилов в почве и донных отложениях методами газовой хроматографии и хромато-масс-спектрометрии, НПО «Мониторинг», НИИ гигиены, профпатологии и экологии человека МЗМП РФ, св. № 2420/463–97/0463 от 20.06.97 (М-МВИ-09-97).

номенклатуре IUPAC: 28, 31, 52, 99, 101, 105, 118, 138, 153, 156, 180, 187 определяли методом капиллярной газовой хроматографии на хромато-масс-спектрометре GCMS-QP2010 Plus «Shimadzu» (Япония) с капиллярной кварцевой колонкой длиной 30 м. Идентификация индивидуальных соединений проводилась в режиме SIM (метод выбранных ионов). Для автоматической обработки результатов анализа применялась программа GCMSsolution 2.5 фирмы «Shimadzu». Полученные значения содержания отдельных конгенов и суммы ПХБ (ΣПХБ) выражали в нг/г сухой массы осадка.

Статистический анализ данных проводили в среде прикладного пакета программ MS Excel 2016. Картографирование, включая геостатистический анализ, выполняли в среде ГИС-приложения Arcview 3.2 (ESRI). В рамках акватории Баренцева моря выделяли и отдельно обрабатывали данные по станциям четырёх районов: шельфа Шпицбергена (юго-восточная часть, кол-во станций (n=36), Северо-Восточного (n=53), Центральной впадины (n=28) и Кольского залива (n=32). Под районом Кольского залива подразумевали прибрежную часть так называемого Западного Мурмана (к западу от устья залива) и его устье, подвергающиеся воздействию загрязнения непосредственно водных объектов материковым стоком (рис. 1). Границы райо-

нов даны в соответствии с принятыми нами в предшествующем исследовании [Новиков, 2021].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Распространение содержания ΣПХБ в осадках Баренцева моря относительно равномерное и наблюдается, в основном, в северной части его акватории и в прибрежной зоне Западного Мурмана (рис. 1). Наибольшие средние значения отмечены на Шпицбергенской банке, вблизи побережья Земли Франца-Иосифа и в районе Кольского залива. Среднее содержание ΣПХБ в ДО района Кольского залива составляло 3,63 нг/г, что значительно превышало среднее значение по Баренцеву морю – 1,24 нг/г. На шельфе, расположенном к юго-востоку от Шпицбергена, включая Шпицбергенскую банку, среднее значение содержания ΣПХБ в ДО составило 1,56 нг/г, в Центральной впадине 0,96 нг/г, а в северо-восточном районе Баренцева моря 1,25 нг/г. Приведённые уровни загрязнения согласно классификации Норвежского агентства по охране окружающей среды (SFT) находятся ниже фонового уровня (<5 нг/г) и не представляют угрозы для донных организмов [Vakke et al., 2007].

Подробный анализ распространения ΣПХБ в ДО Баренцева моря выполнен нами в ранее опублико-

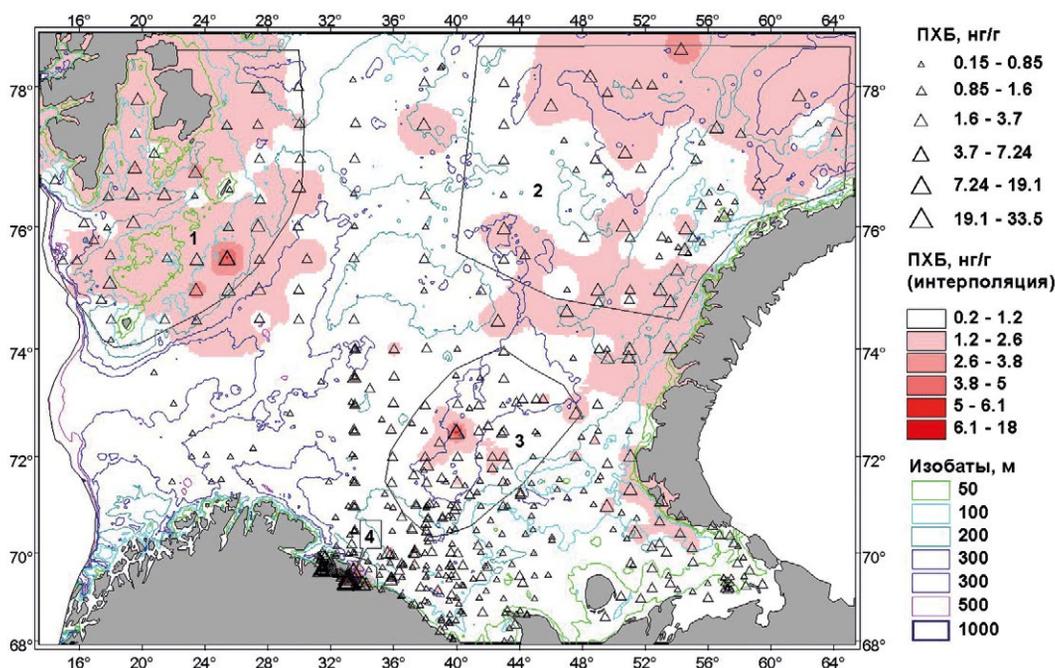


Рис. 1. Содержание суммы ПХБ в ДО Баренцева моря со станциями отбора проб и границами отдельно обработанных районов: 1 – шельфа Шпицбергена; 2 – Северо-Восточного; 3 – Центральной впадины (желоба); 4 – Кольского залива
Fig. 1. Total content of PCBs in bottom sediments from the Barents Sea including the sampling stations and boundaries of particularly investigated areas: 1 – Spitsbergen shelf; 2 – the northeastern Barents Sea; 3 – the Eastern (Central) Basin; 4 – the Kola Bay

ванном исследовании [Новиков, 2021]. В качестве основного источника распространения ПХБ в ДО моря нами рассматривается процесс таяния ледников на арктических архипелагах, Шпицбергене, Новой Земле, Земле Франца-Иосифа и многолетнего морского льда в северо-восточной части Баренцева моря, также возможно локальное загрязнение, например, с «кладбищ» старых кораблей в Кольском и других заливах побережья Западного Мурмана [Плотицына, 2009].

С целью оценки различий в происхождении загрязнения ПХБ, поступающего из разных источников, нами проанализирован состав, профили конгенов ПХБ в ДО различных, отдалённых друг от друга районов Баренцева моря, приведённых на рис. 2.

Анализ профилей конгенов, представленных на рис. 2, показывает, что за исключением ДО района Кольского залива, содержащих минимальное количество трихлоробифенилов (3-ХБ, конгены 28 и 31), ПХБ-156 и максимальное ПХБ-52, остальные исследованные районы Баренцева моря имеют схожие профили. Для последних характерно более «равномерное» содержание конгенов. На основании представленных профилей можно заключить, что загрязнение ДО основной акватории Баренцева моря происходит, вероятно, за счёт широко используемых в прошлом зарубежных препаратов групп Клофен и Арохлор. В отличие от них отечественные Совол и Совтол практически не содержат низко- (3-ХБ) и высокохлорированных гептахлорбифенилов (7-ХБ) [Горбунова и др., 2011; De Voogt et al., 1990], что как раз более характерно для Кольского залива (рис. 3).

Приведённая на рис. 3 кривая Арохлор-Клофен отражает среднее содержание конгенов ПХБ в условной смеси препаратов Арохлор 1241, Арохлор 1254, Клофен А50 и Клофен А60, вычисленное нами на основе известных данных [Горбунова и др., 2011]. Поскольку профили конгенов ПХБ между районами Баренцева моря сопоставимы, то с учётом значительного охвата акватории (районы 2–4 на рис. 2) и длительного периода наблюдений можно предположить, что поток ПХБ в Баренцево море остаётся относительно постоянным. Такого же мнения придерживаются и зарубежные авторы в отношении западной части Баренцева моря [Zaborska et al., 2011].

Упомянутая выше однородность в профилях ПХБ возникает, в том числе, и по причине обработки большого количества данных (станций) как результат усреднения. Проследить специфику загрязнения отдельных участков шельфа и обнаружить её динамику можно только путём более детального анализа данных. С целью выявления влияния удаления от источников загрязнения ПХБ на основе данных о станциях ДО, выполненных восточнее и южнее о. Западный Шпицберген в 2005 и 2006 гг., нами составлен условный «разрез». Схема разреза представлена на рис. 4. Течения на схеме показаны на основе опубликованных данных ПИНРО [Ожигин и др., 2016]. Станции разреза пронумерованы в направлении с севера на юг: 1–4 располагаются в проливе Стур-Фьорд, 5–9 – на западном склоне Шпицбергенской банки, 10 – к юго-востоку от о. Медвежий. Общая протяжённость разреза составила около 550 км.

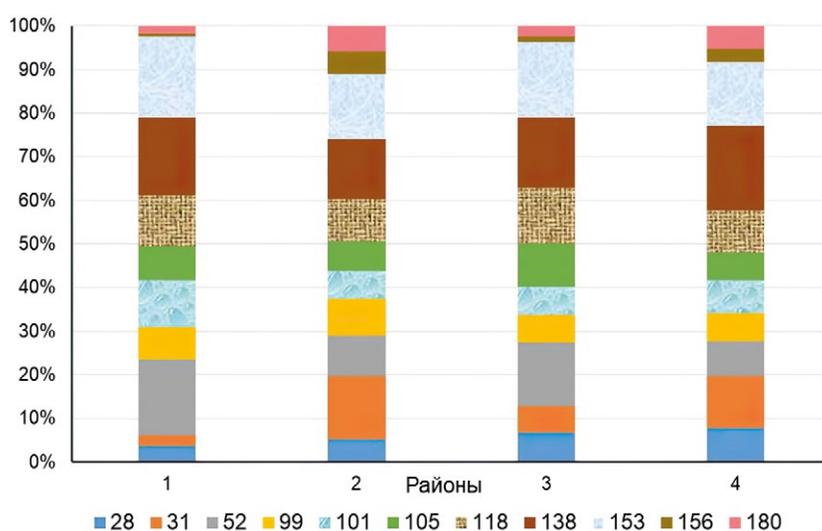


Рис. 2. Профили конгенов ПХБ₁₁ в ДО отдельных районов Баренцева моря: 1 – район Кольского залива; 2 – шельф Шпицбергена; 3 – Центральная впадина; 4 – Северо-Восточный район

Fig. 2. Profiles of PCB₁₁ congeners in bottom sediments in particular areas of the Barents Sea: 1 – the Kola Bay; 2 – Spitsbergen shelf; 3 – the Eastern (Central) Basin; 4 – the northeastern Barents Sea

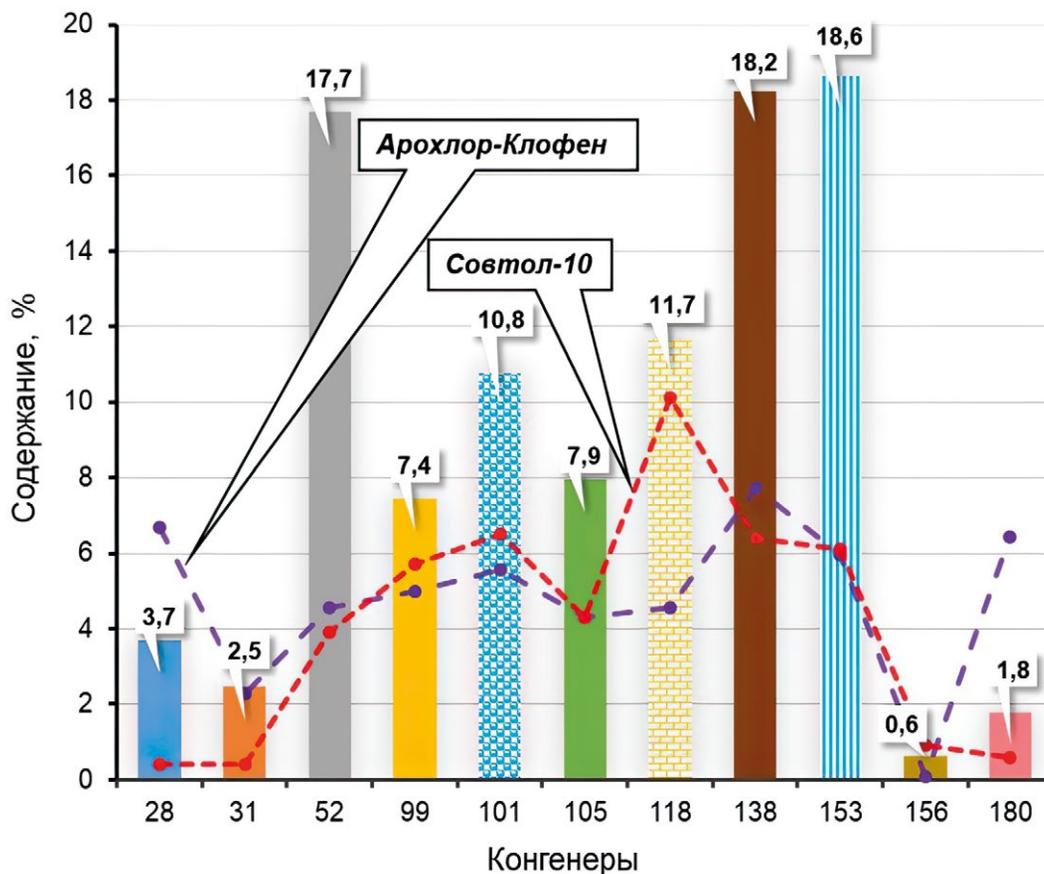


Рис. 3. Профиль конгенов ПХБ₁₁ в ДО Кольского залива, в препарате Совтол-10 (красные штрихи) и смеси Арохлор-Клофен (синие штрихи), %

Fig. 3. Profile of PCB₁₁ congeners in bottom sediments from the Kola Bay, using «Sovtol-10» (red dashes) and «Arochlors-Clophens» solutions (violet dashes), %

Предваряя представление данных по отобранным станциям, следует отметить, что бассейн рек и ручьев восточного побережья о. Западный Шпицберген практически не подвержен непосредственному антропогенному воздействию. Эта часть Шпицбергена почти не освоена человеком. Терригенный сток здесь формируется практически исключительно за счёт атмосферных осадков, таяния фирна и льда. Водосборные площади водотоков представляют собой узкие полосы вдоль берега. Таким образом, в прибрежные воды и пролив Стур-Фьорд попадает в основном старое загрязнение ПХБ, сформировавшееся за счёт дальнего атмосферного переноса и зарезервированное в ледниках. Аналогичное утверждение можно сделать и для лежащего с другой стороны пролива западного берега о. Эдж. Наше предположение в отношении характера загрязнения поддерживается другими исследователями [Zaborska et al., 2011].

Из рис. 5 видно, что распределение суммы и характер профилей ПХБ по станциям разреза неоднородные. Это вполне естественно, т. к. разрез пересекает участки шельфа, характеризующиеся различной

глубиной, составом донных отложений, бентоса и др. Тем не менее, по мере отдаления от берегов архипелага отмечается тренд на общее снижение ΣПХБ в ДО (ст. 3–10 на рис. 5А), что, вероятно, следует увязывать с удалением от источника загрязнения. Наилучшим образом указанный тренд просматривается в ДО южного участка рассматриваемого разреза, на западном склоне Шпицбергенской банки (ст. 7–10).

Несмотря на то, что ст. 7–10 расположены на различных глубинах, варьирующих от 113 до 301 м, тренд профиля ПХБ заключается в заметном увеличении доли конгенов 99, 101 и 138 и уменьшении доли 153. В тренде полностью исчезают конгены, сначала 187, затем 156 и 180. Указанные станции, как впрочем и ст. 5, 6, находятся под влиянием Медвежинского течения, несущего холодные воды и морской лёд с севера, из северных проливов [Ожигин и др., 2016; Марченко, 2018]. Влияние этого течения не всегда однозначно. Однако, оно способно приносить свежее загрязнение, например, 3-ХБ и 4-ХБ на ст. 10, которое затем, вероятно, убывает в направлении ст. 8 (см. рис. 5В).

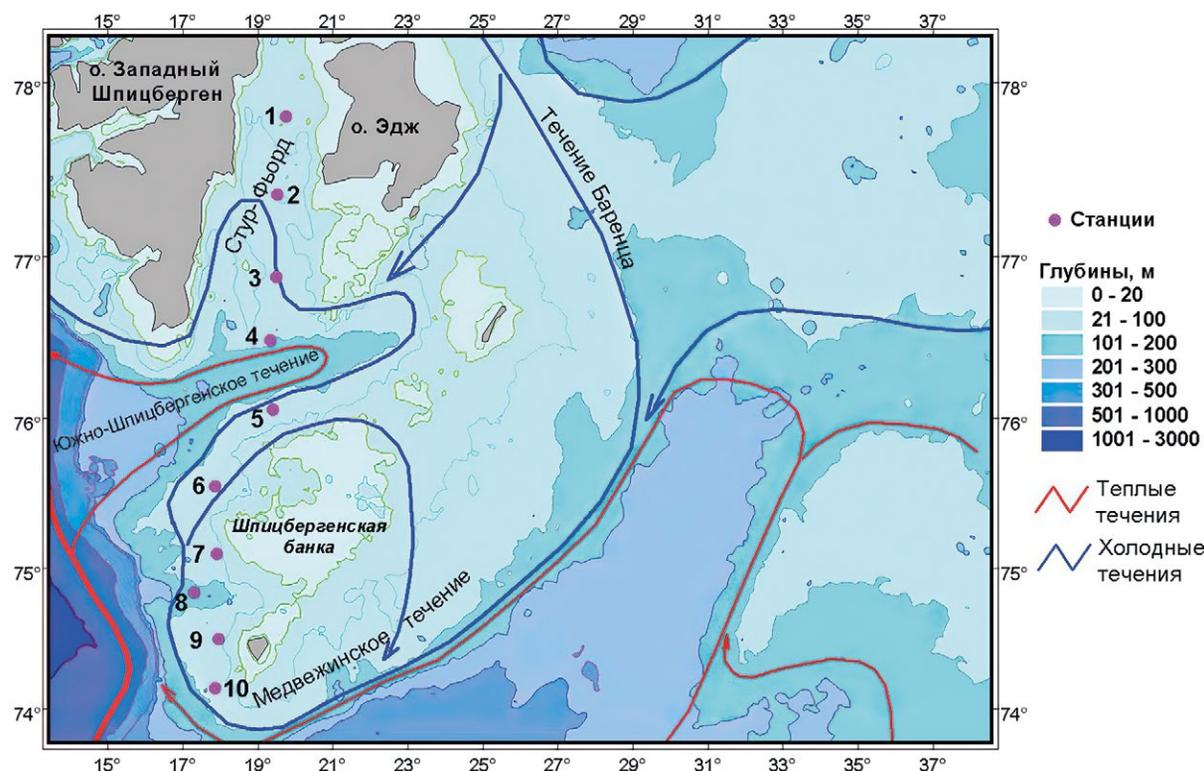


Рис. 4. Расположение станций условного разреза на шельфе Шпицбергена

Fig. 4. Location of the stations in the conditional section in the Spitsbergen shelf

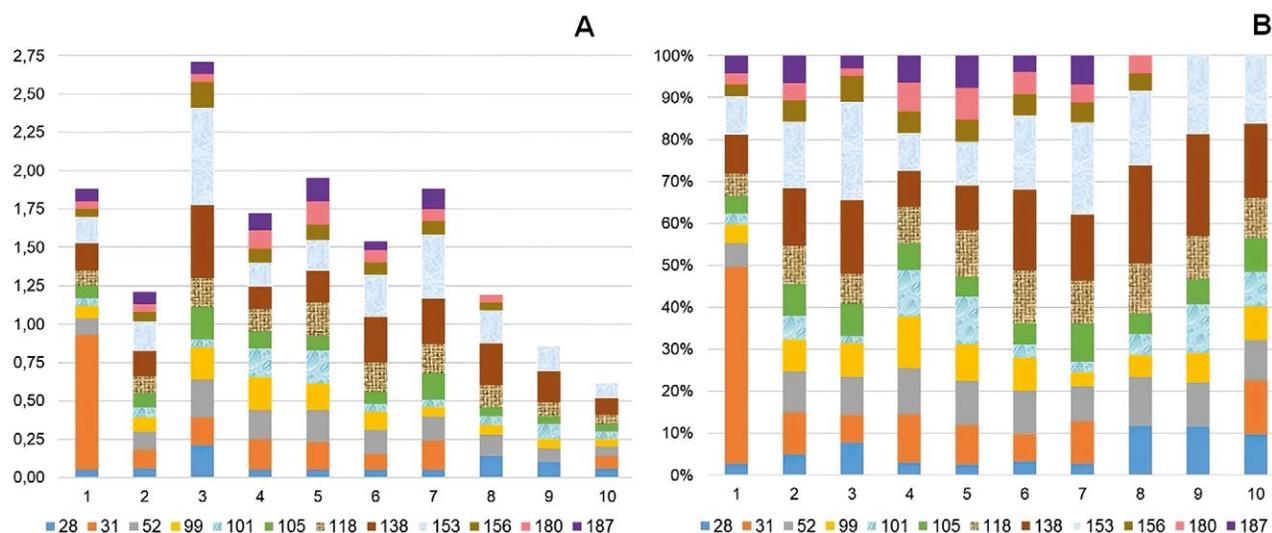


Рис. 5. Изменение профилей конгенов ПХБ₁₂ в ДО станций условного разреза на шельфе Шпицбергена в абсолютных величинах, нг/г сухой массы (А) и в процентах (В)

Fig. 5. Variations in the profiles of PCB₁₂ congeners in bottom sediments taken in the stations of the conditional section in the Spitsbergen shelf in absolute values, ng/g of dry weight (A) and in percentage (B)

На мелководной ст. 1 (глубина 51 м) отмечено очень высокое содержание конгенера 31, почти 47%, что вероятно связано с активным поступлением ПХБ в результате таяния многолетнего льда или поступления свежего загрязнения с осадками (см. рис. 4). Ана-

логичное предположение было выдвинуто МакГовеном с соавт. [McGovern et al., 2022] в отношении содержания низкохлорированных ПХБ в воде и взвеси, поступающей с питающего бассейна в Конгс-фьорд (о. Западный Шпицберген). На расположенных южнее

более глубоководных ст. 2 (144 м) и 3 (151 м) процентное содержание ПХБ-31 резко снижается и становится мало отличимым от многих других станций разреза. При этом общее содержание ПХБ претерпевает значительные изменения (см. рис. 4), а ст. 3 может рассматриваться как локальная геологическая ловушка с высоким содержанием Σ ПХБ и наибольшим содержанием конгенов 138 и 153.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализируя полученные данные, следует иметь в виду, что каждый конгенер ПХБ из состава промышленной смеси, тем или иным путём оказавшейся в окружающей среде, проходит свой путь в ходе дальней миграции (переноса) в атмосфере или водной среде. В атмосфере процессы миграции разнятся за счёт проявления известного механизма холодной конденсации с повторным испарением [Wania, 2003], в водной среде – за счёт индивидуальной растворимости, которая в пресных водах выше, чем в морских [Янин, 1997; McGovern et al., 2022]. Кроме того, загрязнение ПХБ может перемещаться с дрейфующим морским льдом. По оценкам, подготовленным Арктической программой мониторинга и оценки (АМАР), примерно 45 % ПХБ, достигающих Шпицбергена, переносятся воздушным путём, 30 % – океанскими течениями и 25 % – морским льдом [АМАР, 2004]. Известно, что многолетние морские льды регулярно достигают Шпицбергенской банки и о. Медвежий, где интенсивно тают на границе контакта холодного Медвежинского и тёплого Шпицбергенского течений [Марченко, 2018]. При этом освобождающееся связанное со льдом загрязнение активно поступает в воду и на поверхность дна вместе с осаждающейся взвесью, обуславливая повышенное загрязнение ДО ПХБ на ст. 5 и 7.

Разнос загрязнения по акватории расположенного в высоких широтах Баренцева моря также может быть обусловлен абляцией ледников на арктических архипелагах, включающий, в том числе, испарение с их поверхности (вторичное загрязнение атмосферы). Стабильное присутствие высокохлорированных гекса- (6-ХБ) и гепта- (7-ХБ) ПХБ в ДО свидетельствует об их устойчивом переносе в высокие широты и очень низкой скорости деградации [Breivik et al., 2002; АМАР, 2004; 2016]. В ряде исследований показано, что загрязнение ПХБ продолжает поступать в атмосферу с высокогорий Европы (Альпы) и Азии. Так, на поверхность высокогорных озёр в Альпах поток ПХБ составляет до 38 нг/м² в неделю [Carrera et al., 2001], а на поверхность озера Байкал – до 3 нг/м² в неделю [Никонова, Горшков, 2007].

Исходя из общих представлений очевидно, что низкомолекулярные, низкохлорированные конгенеры ПХБ могут быстрее переноситься на дальние расстояния, а значит в высоких широтах свидетельствовать об относительно свежем загрязнении [Wania, 2003; McGovern et al., 2022]. По всей видимости, повышенное удельное содержание упомянутых 3-ХБ и 4-ХБ в ДО Баренцева моря (см. рис. 2, столбцы 2–4) по сравнению с таковым в промышленных смесях иностранного производства (не более 22%) [De Voogt et al., 1990], связано именно с их активной миграцией в морской среде и атмосфере.

Отмечено, что обилие конгенера ПХБ-52 (4-ХБ) во всех образцах ДО Конгс-фьорда и выпадающих в него рек согласуется с доминированием этого конгенера в снегу [Hermansson et al., 2020] и на поверхности почв о. Западный Шпицберген [Aslam et al., 2019]. Кроме того, концентрация ПХБ-52 в настоящее время не снижается в пробах воздуха, собранных в обсерватории Цеппелин (Zeppelin) на о. Западный Шпицберген, пос. Нью-Олесунн [Hung et al., 2016]. В период таяния снега, когда в реках Шпицбергена наблюдаются наиболее высокие концентрации растворённого органического углерода, может происходить активный перенос недавно осаждённых с осадками ПХБ-52 и других низкохлорированных ПХБ в растворённой и взвешенной фазе в прибрежные районы, где они могут накапливаться в бентали [McGovern et al., 2022].

Как следует из диаграмм, представленных на рис. 2, основные отличия в профилях конгенов ПХБ из сравниваемых районов имеют место в отношении «крайних» номеров – 28, 31, 156 и 180. 3-ХБ в районе Кольского залива в условиях относительно высокого уровня локального загрязнения составляют всего 4% от всей суммы ПХБ, в то время как для шельфа Шпицбергена 3-ХБ составляют 25% от суммы. Появление 3-ХБ на шельфе Шпицбергена, как мы уже отмечали, связано с их наибольшей способностью к дальнему трансграничному переносу. Наши данные хорошо согласуются с данными норвежских исследователей, согласно которым содержание только ПХБ-28 (ПХБ-31 не определяли) во взвешенном веществе рек и фьордов о. Западный Шпицберген составляет в среднем 15–20% от Σ ПХБ. Кроме того, во взвешенном веществе рек и фьордов Западного Шпицбергена отмечено относительно высокое содержание ПХБ-180 порядка 8–10% Σ ПХБ [McGovern et al., 2022], что также согласуется с нашими результатами.

Для подверженных значительному антропогенному воздействию ДО ряда заливов Западного Мурмана, включая Кольский, характерно повышенное содержание пента- (5-ХБ) и гексахлорбифенилов (конгенеры

99, 101, 105, 118, 138, 153, 156), составляющих около 75 % от общего содержания. В ДО шельфа Шпицбергена и Северо-Восточного района последние составляют около 65 %. Содержание 5-ХБ и 6-ХБ на уровне 75 % также указывает на связь загрязнения района Кольского залива с применяемыми до 1995 г. в СССР и России техническими смесями типа Совол и Совтол, т. е. на локальное антропогенное воздействие [Бродский и др., 2012; Плотицына, 2016; Ivanov, Sandell, 1992].

Как видно из рис. 5 содержание высокохлорированных 6-ХБ и 7-ХБ (начиная с ПХБ-153) по мере удаления от побережья Шпицбергена снижается на ст. 7–10 с 38 до 17 %, очевидно, вследствие своей меньшей подвижности в окружающей среде. Ранее, на примере Рыбинского водохранилища также было отмечено, что по мере удаления от источника загрязнения снижается не только общее содержание ПХБ, но и доля 6-ХБ и 7-ХБ с 26,6 до 10,7 % [Чуйко и др., 2010].

ВЫВОДЫ

В результате проведенного исследования выявлены различия в характере загрязнения ПХБ ДО района шельфа к юго-востоку от Шпицбергена, а также Центральной впадины и северо-восточного района Баренцева моря, обусловленного глобальным загрязнением, от района Кольского залива, где преобладает локальное загрязнение. В последнем случае низкое содержание конгенов 28, 31 и 180 свидетельствует о загрязнении ДО Кольского залива преимущественно отечественными техническими смесями типа Совол и Совтол.

Повышенное содержание низкохлорированных (3-ХБ, 4-ХБ) и высокохлорированных (7-ХБ) отмечается в ДО прибрежной части арх. Шпицберген и в значительной степени характеризует загрязнение в результате дальнего трансграничного переноса.

На основе анализа путей транспорта ПХБ в высокие широты, количества и состава конгенов в ДО шельфа сделан вывод, что северо-западная часть Баренцева моря накапливает загрязнение ПХБ, поступающее в результате дальнего атмосферного переноса, таяния морского льда и ледникового покрова арх. Шпицберген. Аналогичные явления, очевидно, наблюдаются и в районе Земли Франца-Иосифа.

При анализе профилей конгенов ПХБ в ДО станций условного разреза на шельфе Шпицбергена отмечено убывание уровня загрязнения по мере удаления от берега (с севера на юг). При этом наиболее заметным образом варьирует относительное содержание конгенов 99, 101, 138 (увеличивается) и 153

(снижается); полностью исчезают конгены 156, 180 и 187.

Уровни загрязнения ПХБ ДО Баренцева моря, рассмотренные в настоящем исследовании, значительно ниже уровней, которые могли бы представлять опасность для морских организмов или здоровья человека.

Благодарности

Авторы выражают благодарность старшему инженеру лаборатории химико-аналитических исследований, ранее – рыбохозяйственной экологии, Т.А. Зимовейской за неоценимую помощь по химическому анализу проб донных отложений.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

- Батоев В.Б., Цыденова О.В., Нимацыренова Г.Г., Палицына С.С. 2004. Стойкие органические загрязнители в бассейне озера Байкал. ГПНТБ, Байкальский ин-т природопользования СО РАН. Новосибирск. 110 с.
- Бродский Е.С., Евдокимова Г.В., Злотин С.Г., Ключев Н.А., Самсонов Д.П., Шинкова Н.А., Юфит С.С. 2004. Утилизация электрохимических жидкостей, содержащих полихлорированные бифенилы (ПХБ) // Зелёная химия в России. М.: Изд-во Моск. ун-та. С. 163–186.
- Бродский Е.С., Шелепчиков А.А., Фешин Д.Б., Ефименко Е.С., Агапкина Г.И. 2012. Профиль конгенов полихлорированных бифенилов в почвах Москвы // Вестник Московского ун-та. Сер. 17. Почвоведение. № 2. С. 35–40.
- Горбунова Т.И., Первова М.Г., Забелина О.Н., Салоутин В.И., Чупахин О.Н. 2011. Полихлорбифенилы: Проблемы экологии, анализа и химической утилизации. М.: КРАСАНД; Екатеринбург: УрО РАН. 400 с.
- Запевалов М.А. 2018. Мониторинг стойких органических загрязнителей – объективный и независимый инструмент оценки эффективности Стокгольмской конвенции о СОЗ (2001) // Химическая безопасность. Т. 2. № 2. С. 295–307. doi:10.25514/CHS.2018.2.14123.
- Марченко Н.А. 2018. Изучение особенностей дрейфа льда в Баренцевом море // Вести газовой науки: научно-технический сборник. № 4 (36). С. 166–179.
- Никонова А.А., Горшков А.Г. 2007. Современные уровни накопления полихлорированных бифенилов в объектах Байкальской природной территории // Химия в интересах устойчивого развития. Т. 15. № 3. С. 363–369.

- Новиков М.А. 2021. Стойкие органические загрязнители в донных отложениях Баренцева моря // Водные ресурсы. Т. 48. № 3. С. 334–343. doi:10.31857/S032105962103010X.
- Ожигин В.К., Ившин В.А., Трофимов А.Г., Карсаков А.Л., Анциферов М.Ю. 2016. Воды Баренцева моря: структура, циркуляция, изменчивость. Мурманск: ПИПРО. 260 с.
- Плотицына Н.Ф. 2009. Персистентные хлорированные углеводороды в воде и донных осадках Кольского залива // Кольский залив: освоение и рациональное природопользование. М.: Наука. С. 303–313.
- Плотицына Н.Ф. 2016. Персистентные хлорированные углеводороды в донных отложениях Баренцева моря на стандартном разрезе «Кольский меридиан» // Труды Кольского НЦ РАН. № 2. С. 271–281.
- Чуйко Г.М., Законов В.В., Морозов А.А., Бродский Е.С., Шелепчиков А.А., Фешин Д.Б. 2010. Пространственное распределение и качественный состав полихлорированных бифенилов (ПХБ) и хлорорганических пестицидов (ХОП) в донных отложениях и леще (*Abramis brama* L.) Рыбинского водохранилища // Биология внутренних вод. № 2. С. 98–108.
- Янин Е.П. 1997. Полихлорированные бифенилы в окружающей среде (эколого-гигиенические аспекты). М.: Изд-во «Диалог МГУ». 35 с.
- AMAP Assessment 2002: The Influence of Global Change on Contaminant Pathways to, within, and from the Arctic. 2003. Arctic Monitoring and Assessments Programme (AMAP). Oslo, Norway. 65 p.
- AMAP Assessment 2002: Persistent organic pollutants in the Arctic. 2004. Arctic Monitoring and Assessments Programme (AMAP). Oslo, Norway, 2004. 310 p.
- AMAP Assessment 2016: Chemicals of Emerging Arctic Concern. 2017. Arctic Monitoring and Assessments Programme (AMAP). Oslo, Norway. 353 p.
- Aslam S.N., Huber C., Asimakopoulos A.G., Steinnes E., Mikkelsen O. 2019. Trace elements and polychlorinated biphenyls (PCBs) in terrestrial compartments of Svalbard, Norwegian Arctic // Sci. Total Environ. V. 685. P. 1127–1138. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.06.060.
- Bakke T., Breedveld G., Kolgvist T., Oen A., Eek E., Ruus A., Kibsgaard A., Helland A., Hylland K. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann – Revision av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter // Norsk institutt for vannforskning. Oslo: SFT, 12 p. (Veiledning; TA–2229/2007).
- Borlakoglu J.T., Heagele K.D. 1991. Comparative aspects on the bioaccumulation, metabolism and toxicity with PCBs // Comp. Biochem. Physiol. V. 100C. № 3. P. 327–338. doi:10.1016/0742–8413(91)90004-d.
- Breivik K., Sweetman A., Pacyna J.M., Jones K.C. 2002. Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners – a mass balance approach: 2. Emissions // Sci. Total Environ. V. 290 (1–3). P. 199–224. doi:10.1016/S0048–9697(01)01076–2.
- Carrera G., Fernández P., Vilanova R.M., Grimalt J.O. 2001. Persistent organic pollutants in snow from European high mountain areas // Atmos. Environ. V. 35 (2). P. 245–254. doi:10.1016/S13–522310(00)00201–6.
- Carroll J., Zaborska A., Papucci C., Schirone A., Carroll M., Pempkowiak J. 2008. Accumulation of organic carbon in the western Barents Sea // Deep-Sea Res. Pt. II. V. 55 (20–21). P. 2361–2371. doi:10.1916/j.dsr2.2008.05.005.
- De Voogt P., Wells D., Reutergardh L., Brinkman U.A.T. 1990. Biological activity, determination and occurrence of planar, mono- and di-ortho PCBs // Intern. J. Environ. Anal. Chem. V. 40 (1–4). P. 1–46. doi:10.1080/03067319008030516.
- Hermanson M.H., Isaksson E., Divine D., Teixeira C., Muir D.C.G. 2020. Atmospheric deposition of polychlorinated biphenyls to seasonal surface snow at four glacier sites on Svalbard, 2013–2014 // Chemosphere. V. 243. P. 1–8. doi:10.1016/j.chemosphere.2019.125324.
- Hung H., Katsoyiannis A.A., Brorstrom-Lunden E., Olafsdottir K., Aas W., Breivik K., Bohin-Nizzetto P., Sigurdsson A., Hakola H., Bossi R., Skov H., Sverko E., Barresi E., Felin P., Wilson S. 2016. Temporal trends of persistent organic pollutants (POPs) in arctic air: 20 years of monitoring under the Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) // Environ. Pollut. V. 217. P. 52–61. doi:10.1016/j.envpol.2016.01.079.
- Ivanov V., Sandell E. 1992. Characterization of polychlorinated biphenyl isomers in Sovol and Trichlorodiphenyl formulations by high-resolution gas chromatography with electron capture detection and high-resolution gas chromatography-mass spectrometry techniques // Environ. Sci. Technol. Vol. 26. P. 2012–2017.
- McGovern M., Master M., Borga K., Heimstad E., Ruus A., Christensen G., Evenset A. 2022. Small Arctic rivers transport legacy contaminants from thawing catchments to coastal areas in Kongsfjorden, Svalbard // Environmental Pollution. V. 304. P. 1–7. doi:10.1016/j.envpol.2022.119191.
- Rodrigues J.L.M., Kachel C.A., Aiello M.R., Quensen J.F., Maltseva O.V., Tsoi T.V., Tiedje J.M. 2006. Degradation of Aroclor 1242 dechlorination products in sediments by *Burkholderia xenovorans* LB400 (ohb) and *Rhodococcus* sp. strain RHA1 (fcb) // Appl. Environ. Microbiol. V. 72 (4). P. 2476–2482. doi:10.1128/AEM.72.4.2476–2482.2006.
- Shatalov V., Gusev A., Dutchak S., Rozovskaya O., Sokovykh V., Vulykh N., Aas W., Breivik K. 2010. Persistent Organic Pollutants in the Environment. EMEP Status Rep. 3/2010. 101 p.
- Wania F. 2003. Assessing the potential of persistent organic chemicals for long-range transport and accumulation in polar region // Environ. Sci. Technol. V. 37. P. 1344–1351. doi:10.1021/es026019e.
- Zaborska A., Carroll J., Papucci C., Toricelli L., Carroll M., Walkusz-Miotk J., Pempkowiak J. 2008. Recent sediment accumulation rates for the western margin of the Barents Sea // Deep-Sea Res. Pt. II. V. 55 (20–21). P. 2352–2360. doi:10.1016/j.dsr2.2008.05.026.
- Zaborska A., Carroll J., Ksenia P., Pempkowiak J. 2011. Spatio-temporal patterns of PAHs, PCBs and HCB in sediments of the western Barents Sea // Oceanologia. V. 53 (4). P. 1005–1026. doi:10.5697/oc.53–4.1005.

REFERENCES

- Batoev V.B., Tsydenova O.V., Nimatsyrenova G.G., Palitsyna S.S. 2004. Persistent Organic Pollutants in Lake Baikal Basin. GPNTB, Baikal'skii in-t prirodopol'zovaniya SO RAN. Novosibirsk. 110 p. (In Russ.).
- Brodskiy E.S., Evdokimova G.V., Zlotin S.G., Klyuev N.A., Samsonov D.P., Shinkova N.A., Yufit S.S. 2004. Disposal of electrical liquids containing polychlorinated biphenyls (PCBs) // Green chemistry in Russia. M.: Izd-vo Mosk. un-ta. P. 163–18. (In Russ.).
- Brodskiy E.S., Shelepchikov A.A., Feshin D.B., Efimenko E.S., Agapkina G.I. 2012. Profile of congeners of polychlorinated biphenyls in soils of Moscow-city // Moscow University Bulletin. Series 17. Soil science. № 2. P. 35–40. (In Russ.).
- Gorbunova T.I., Pervova M.G., Zabelina O.N., Saloutin V.I., Chupakhin O.N. 2011. Polychlorobiphenyls: Problems of ecology, analysis and chemical disposal. M.: KRASAND; Ekaterinburg: UrO RAN. 400 p. (In Russ.).
- Zapevalov M.A. 2018. Monitoring persistent organic pollutants – an objective and independent tool for evaluating effectiveness of Stockholm convention on POPs (2001) // Chemical Safety Sciences. V. 2. № 2. P. 292–307. doi:10.25514/CHS.2018.2.14123. (In Russ.).
- Marchenko N.A. 2018. Special study of ice drifting in Barents Sea // Gas Science Bulletin. № 4 (36). P. 167–179. (In Russ.).
- Nikonova A.A., Gorshkov A.G. 2007. Modern levels of the accumulation of polychlorinated diphenyls in the objects of the Baykal natural territory // Chemistry for sustainable development. V. 15. № 3. P. 363–359. (In Russ.).
- Novikov M.A. 2021. Persistent organic pollutants in Barents Sea bottom sediments // Water Resources. V. 48. No 3. P. 439–448. doi: 10.1134/S0097807821030106.
- Ozhigin V.K., Ivshin V.A., Trofimov A.G., Karsakov A.L., Antsiferov M. Yu. 2016. The Barents Sea waters: structure, circulation, variability. Murmansk: PINRO. 260 pp. (In Russ.).
- Plotitsyna N.F. 2009. Persistent chlorinated hydrocarbons in the water and bottom sediments of the Kola Bay // Kola Bay: development and rational use of natural resources. M.: Nauka. P. 303–313 (In Russ.).
- Plotitsyna N.F. 2016. Persistent chlorinated hydrocarbons in bottom sediments of the Barents Sea on the standard transect «Kola section» // Trudy Kol'skogo NTs RAN. № 2. P. 271–281. (In Russ.).
- Chuiko G.M., Zakonov V.V., Morozov A.A., Brodskii E.S., Shelepchikov A.A., Feshin D.B. 2010. Spatial Distribution and Qualitative Composition of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) and Organochlorine Pesticides (OPs) in Bottom Sediments and Bream (*Abramis brama* L.) from the Rybinsk Reservoir // Biologiya vnutrennih vod. № 2. P. 98–108. (In Russ.).
- Yanin E.P. 1997. Polychlorinated biphenyls in the environment (ecological and hygienic aspects). M.: Dialog MSU Publish. 35 p. (In Russ.).
- AMAP Assessment 2002: The Influence of Global Change on Contaminant Pathways to, within, and from the Arctic. 2003. Arctic Monitoring and Assessments Programme (AMAP). Oslo, Norway. 65 p.
- AMAP Assessment 2002: Persistent organic pollutants in the Arctic. 2004. Arctic Monitoring and Assessments Programme (AMAP). Oslo, Norway, 2004. 310 p.
- AMAP Assessment 2016: Chemicals of Emerging Arctic Concern. 2017. Arctic Monitoring and Assessments Programme (AMAP). Oslo, Norway. 353 p.
- Aslam S.N., Huber C., Asimakopoulos A.G., Steinnes E., Mikkelsen O. 2019. Trace elements and polychlorinated biphenyls (PCBs) in terrestrial compartments of Svalbard, Norwegian Arctic // Sci. Total Environ. V. 685. P. 1127–1138. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.06.060.
- Bakke T., Breedveld G., Kolgvist T., Oen A., Eek E., Ruus A., Kibsgaard A., Helland A., Hylland K. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann – Revision av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter // Norsk institutt for vannforskning. Oslo: SFT, 12 p. (Veiledning; TA-2229/2007).
- Borklakoglu J.T., Heagele K.D. 1991. Comparative aspects on the bioaccumulation, metabolism and toxicity with PCBs // Comp. Biochem. Physiol. V. 100C. № 3. P. 327–338. doi:10.1016/0742-8413(91)90004-d.
- Breivik K., Sweetman A., Pacyna J.M., Jones K.C. 2002. Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners – a mass balance approach: 2. Emissions // Sci. Total Environ. V. 290 (1–3). P. 199–224. doi:10.1016/S0048-9697(01)01076-2.
- Carrera G., Fernández P., Vilanova R.M., Grimalt J.O. 2001. Persistent organic pollutants in snow from European high mountain areas // Atmos. Environ. V. 35 (2). P. 245–254. doi:10.1016/S13-522310(00)00201-6.
- Carroll J., Zaborska A., Papucci C., Schirone A., Carroll M., Pempkowiak J. 2008. Accumulation of organic carbon in the western Barents Sea // Deep-Sea Res. Pt. II. V. 55 (20–21). P. 2361–2371. doi:10.1916/j.dsr2.2008.05.005.
- De Voogt P., Wells D., Reutergardh L., Brinkman U.A.T. 1990. Biological activity, determination and occurrence of planar, mono- and di-ortho PCBs // Intern. J. Environ. Anal. Chem. V. 40 (1–4). P. 1–46. doi:10.1080/03067319008030516.
- Hermanson M.H., Isaksson E., Divine D., Teixeira C., Muir D.C.G. 2020. Atmospheric deposition of polychlorinated biphenyls to seasonal surface snow at four glacier sites on Svalbard, 2013–2014 // Chemosphere. V. 243. P. 1–8. doi:10.1016/j.chemosphere.2019.125324.
- Hung H., Katsoyiannis A.A., Brorstrom-Lunden E., Olafsdottir K., Aas W., Breivik K., Bohin-Nizzetto P., Sigurdsson A., Hakola H., Bossi R., Skov H., Sverko E., Barresi E., Felin P., Wilson S. 2016. Temporal trends of persistent organic pollutants (POPs) in arctic air: 20 years of monitoring under the Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) // Environ. Pollut. V. 217. P. 52–61. doi:10.1016/j.envpol.2016.01.079.
- Ivanov V., Sandell E. 1992. Characterization of polychlorinated biphenyl isomers in Sovol and Trichlorodiphenyl formulations by high-resolution gas chromatography with electron capture detection and high-resolution gas chromatography-mass spectrometry techniques // Environ. Sci. Technol. Vol. 26. P. 2012–2017.
- McGovern M., Master M., Borga K., Heimstad E., Ruus A., Christensen G., Evenset A. 2022. Small Arctic rivers transport legacy contaminants from thawing catchments to coastal

- areas in Kongsfjorden, Svalbard // Environmental Pollution. V. 304. P. 1–7. doi:10.1016/j.envpol.2022.119191.
- Rodrigues J.L.M., Kachel C.A., Aiello M.R., Quensen J.F., Maltseva O.V., Tsoi T.V., Tiedje J.M. 2006. Degradation of Aroclor 1242 dechlorination products in sediments by *Burkholderia xenovorans* LB400 (ohb) and *Rhodococcus* sp. strain RHA1 (fcb) // Appl. Environ. Microbiol. V. 72 (4). P. 2476–2482. doi:10.1128/AEM.72.4.2476–2482.2006.
- Shatalov V., Gusev A., Dutchak S., Rozovskaya O., Sokovykh V., Vulykh N., Aas W., Breivik K. 2010. Persistent Organic Pollutants in the Environment. EMEP Status Rep. 3/2010. 101 p.
- Wania F. 2003. Assessing the potential of persistent organic chemicals for long-range transport and accumulation in polar region // Environ. Sci. Technol. V. 37. P. 1344–1351. doi:10.1021/es026019e.
- Zaborska A., Carroll J., Papucci C., Toricelli L., Carroll M., Walkusz-Miotk J., Pempkowiak J. 2008. Recent sediment accumulation rates for the western margin of the Barents Sea // Deep-Sea Res. Pt. II. V. 55 (20–21). P. 2352–2360. doi:10.1016/j.dsr2.2008.05.026.
- Zaborska A., Carroll J., Ksenia P., Pempkowiak J. 2011. Spatio-temporal patterns of PAHs, PCBs and HCB in sediments of the western Barents Sea // Oceanologia. V. 53 (4). P. 1005–1026. doi:10.5697/oc.53–4.1005.

Поступила в редакцию 20.06.2022 г.

Принята после рецензии 12.08.2022 г.



Технология переработки водных биоресурсов

Географическая изменчивость биологических и нормативных показателей горбуши

А.В. Гриценко¹, А.М. Каев², Т.Ю. Углова¹

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

² Сахалинский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («СакхНИРО»), ул. Комсомольская, 196, г. Южно-Сахалинск, 693023

E-mail: gritsenko36@yandex.ru

Цель работы: Определение возможности более глубокой дифференциации нормативного показателя удельной массы яичников (УДМ) горбуши в соответствии с перспективной схемой территориальной дифференциации её репродуктивного ареала.

Используемые методы: Для достижения поставленной цели в соответствии общепринятыми методиками рыбохозяйственных исследований в 2010–2011 гг. собраны материалы биоанализа производителей горбуши шести различных районов промысла на Дальнем Востоке России. Для определения степени влияния двух варьирующих показателей на изменчивость УДМ горбуши использовали центрально-композиционное ротатбельное планирование, основанное на построении трёхмерного графика поверхности отклика факторного пространства, заданной в виде полиномиальной функции второго порядка.

В результате реализации плана экспериментально-математического моделирования установлена зависимость УДМ горбуши от коэффициента зрелости самок и их относительной доли в уловах. Объединение в единой регрессионной модели двух факторов, определяющих УДМ горбуши, позволило выявить схожие черты её межгодовой изменчивости между двумя крупными регионами воспроизводства – Сахалино-Курильским и Восточно-Камчатским.

Новизна: Полученное уравнение регрессионной модели, адекватно описывающее зависимость УДМ горбуши от двух варьирующих факторов, позволяет рассчитывать ожидаемую величину УДМ горбуши при различных показателях стада.

Практическая значимость: В целях реализации дальнейшего развития системы нормирования показателя УДМ горбуши предлагается перспективная схема территориальной дифференциации её репродуктивного ареала в соответствии с определёнными заливами промысла или иными крупными участками воспроизводства.

Ключевые слова: тихоокеанские лососи, горбуша *Oncorhynchus gorbuscha*, популяционная структура, промысел, нормирование, бассейновые нормы, удельная масса яичников.

Geographic variability of biological and normative characteristics of pink salmon

Aleksandr V. Gritsenko¹, Aleksandr M. Kaev², Tatyana Yu. Uglova¹

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

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

Purpose of the article is determination of the possibility of a deeper differentiation of the normative indicator of the specific ovarian mass (SOM) of pink salmon in accordance with the perspective scheme of territorial differentiation of its reproductive range.

Methods used: in order to achieve this purpose in accordance with generally accepted methods of fishery research in 2010–2011, materials of bioanalysis of pink salmon spawners from six different fishing areas in the Russian Far East were collected. To determine the degree of influence of the two variable factors on the variability of the SOM of pink salmon, central compositional rotatable planning was used, based on the creation of a three-dimensional plot of the response surface of the factor space, given as a second-order polynomial function.

As a result of realization of the experimental-mathematical modeling plan, the dependence of the SOM of pink salmon on the maturity coefficient of females and their relative share in the catches was established. Combining two factors determining the SOM of pink salmon in a single regression model made it possible to identify similar features of its interannual variability between two large reproduction regions – Sakhalin-Kuril and East Kamchatka.

Novelty: the resulting regression model equation, which adequately describes the dependence of the SOM of pink salmon on two varying factors, allows to calculate the expected value of the SOM of pink salmon for different stock indicators.

Practical significance: in order to implement the further development of system of the rationing of the SOM of pink salmon a perspective scheme of territorial differentiation of its reproductive range according to certain fishing gulfs or other large reproduction areas is proposed.

Keywords: Pacific salmon, pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha*, population structure, fishery, rationing, basin norms, specific ovarian mass.

ВВЕДЕНИЕ

Внутривидовая организация тихоокеанских лососей является иерархической системой многоуровневой интеграции популяций [Коновалов, 1980; Бугаев, 1995; Гриценко, 2002; Коротаев и др., 2002; Макоедов и др., 2009; Антонов, 2011; Волобуев, Марченко, 2011]. Количество её структурных уровней и иерархическое положение популяций сходного уровня у разных видов лососей различно. Среди трёх наиболее многочисленных видов наибольшее их число установлено у нерки, на низшем уровне у которой выделяют субпопуляции, приуроченные в период размножения к определённым нерестилищам, относящимся к притокам крупных рек второго и низшего порядков, отдельным малым рекам и озёрам [Коновалов, 1980; Varnavskaya et al., 1994; Бугаев, 1995; 2011; Алтухов и др., 1997]. Для самого массового вида – горбуши, низший уровень, как правило, выделяют для популяций (популяционных комплексов), связанных с относительно изолированными территориальными единицами: участками морского побережья с расположенными в их пределах эстуариями крупных речных систем или бассейнов нескольких близко расположенных рек или же заливами [Воловик, 1967; Енютина, 1972; Beacham et al., 1985; Картавцев, 1988; 1995; Гриценко, 1990; 2002; Койдан, 1990; Иванков, 1993; Карпенко, 1995; Иванков и др., 1996; Марченко, Голованов 2001; Марченко, 2004; Каев, Руднев, 2007; Бугаев, Шевляков, 2008; Волобуев, Марченко, 2011; Каев, 2012; Леман и др., 2015].

Так, для камчатской горбуши, посредством генетических исследований [Варнавская, 2006] и анализа многолетних данных по величине уловов и динамике биологических показателей рыб [Антонов, 2011] установлено, что она образует обособленные региональные комплексы, характеризующиеся достоверным уровнем генетического своеобразия, которые можно выделять в смешанных уловах. Это означает, по мнению Н.В. Варнавской [2006], что хоминг горбуши развит в отношении эстуариев и морских заливов, которые можно считать популяционными системами. Н.П. Антонов [2011] также выделяет отдельные рыбопромысловые районы, соответствующие популяционным системам Н.В. Варнавской на Юго-восточной, Северо-восточной и Западной Камчатке. В пределах этих популяционных комплексов вышеназванные авторы не выделяют популяции более низкого иерархического уровня, однако по аналогии с Сахалином [Гриценко, 1990; Каев, 2007], можно считать, что в большинстве камчатских рек, равных по размерам большим сахалинским рекам, воспроизводятся самостоятельные популяции, а в Карагинском районе,

где реки невелики, одна популяция воспроизводится во множестве рек. Альтернативным представлениям о статусе подобных эпизодически выделяемых компонентов популяционной структуры горбуши отвечает концепция «флуктуирующих стад» [Глубоковский, Животовский, 1986; Глубоковский и др., 1989; Глубоковский, 1995].

Особенности внутривидовой структуры лососей исследователи напрямую связывают с выраженностью инстинкта хоминга у конкретного вида, «по сути дела одно явление можно считать отражением другого» [Гриценко, 1990]. Так или иначе, для каждого вида следует признать наличие определённого уровня, обуславливающего пространственную дифференциацию локальных популяций известного промыслового размера. Наличие именно этого уровня формирует в лососевом хозяйстве концепцию «локального стада» [Larkin, 1972; Омельченко, Вялова, 1990; Василенко, 1994] как единицы рационального управления запасом, прогнозирования и охраны, обладающую популяционным статусом. Исходя из этой концепции авторы настоящей работы разделяют представления о популяционной организации горбуши как иерархической системе географических локальных стад.

К элементам данной концепции следует в полной мере относить учёт и верификацию фактического вылова тихоокеанских лососей, в т. ч. с использованием переводных нормативных показателей [Харенко и др., 2007; Харенко, Рой, 2008; Харенко, 2014]. Разумеется, научно-обоснованное применение подобных нормативных величин, так или иначе, не может рассматриваться без их адекватной оценки и дифференциации в соответствии с внутривидовой структурной подразделённостью лососей, в частности, географической.

Ввиду вышеизложенного особенно актуальным представляется вопрос относительно необходимости разработки концептуальной основы для дифференциации нормативных показателей (в частности, УДМ) в соответствии с пространственным распределением популяций (популяционных комплексов) лососей низшего иерархического уровня и определения экономической целесообразности данной меры.

Целью настоящей работы являлось определение возможности более глубокой дифференциации нормативного показателя УДМ в соответствии с перспективной схемой территориальной дифференциации её репродуктивного ареала, для чего решались задачи по выявлению наличия закономерностей клинального (широтного) изменения биологических показателей горбуши и сопоставлению степени их влияния на относительную величину УДМ в географическом и межгодовом аспектах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для достижения поставленной цели в течение двух лет (2010–2011 гг.) собирали материалы по качественному составу производителей (биоанализы) и определяли УДМ горбуши в шести заливах, относящихся к районам её интенсивного воспроизводства и промысла, характеризующихся высоким относительным вкладом в общий отечественных вылов этого вида. Работы проводили в зал. Простор (о. Итуруп, Южные Курильские острова), зал. Мордвинова и Терпения (о. Сахалин), а также Камчатском, Карагинском и Олюторском зал. (п-ов Камчатка) (рис. 1).

Анализ особей выполняли по общей выборке без разделения участков промысла внутри заливов, ру-

ководствуясь безвыборочным методом отбора производителей [Глубоковский и др., 2017]. При этом каждая выборка была представлена особями, добытыми на одном участке. Соответственно, в зал. Простор, Терпения, Мордвинова и Карагинский (в акваториях которых отсутствуют эстуарии крупных рек) рыб отбирали только из уловов ставных неводов. В Камчатском и Олюторском зал. (в бассейны которых впадают протяжённые нерестовые реки – Камчатка и Апука, соответственно) в анализе использовали также рыб, пойманных в реке на сравнительно небольшом расстоянии от устья (до 20 км). Объём, районы и сроки сбора материалов представлены в табл. 1.

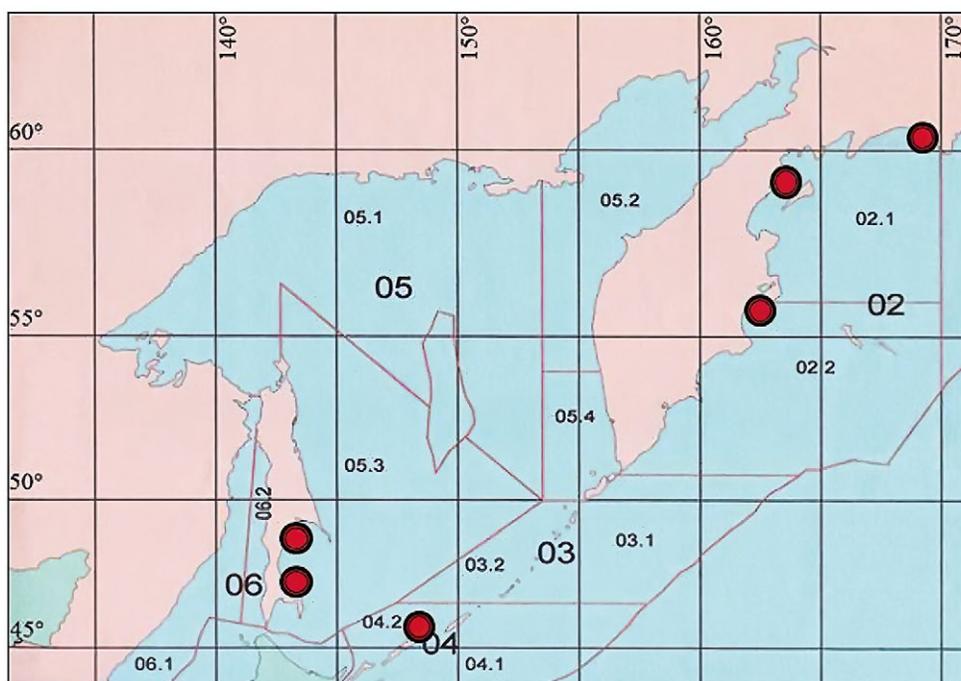


Рис. 1. Районы проведения исследований (точками на карте обозначены морские заливы)

Fig. 1. Research areas (points on the map indicate sea gulfs)

Таблица 1. Районы и сроки проведения исследований, количество проанализированных производителей в 2010 (над чертой) и 2011 (под чертой) гг.

Table 1. Areas and dates of research, the number of analyzed spawners in 2010 (above the line) and 2011 (below the line)

Залив	Период исследований (дд.мм.)	Количество проанализированных производителей, экз.	
		самки	самцы
Простор	09.08–07.09	549	549
	02.08–09.09	329	404
Мордвинова	16.07–26.08	500	550
	14.07–26.08	742	808
Терпения	08.07–05.09	349	420
	13.07–23.08	416	384

Залив	Период исследований (дд.мм.)	Количество проанализированных производителей, экз.	
		самки	самцы
Камчатский	04.07–06.08	121	117
	21.06–02.08	154	171
Карагинский	02.07–13.07	63	87
	06.07–05.08	712	849
Олюторский	19.06–25.07	308	334
	04.07–29.07	294	306

УДМ рассчитывали по общей массе проанализированных особей без их разделения по половому признаку [Методики определения..., 2002]. Биологические анализы проводили в соответствии с общепринятыми в ихтиологических исследованиях методиками [Правдин, 1966; Глубоковский и др., 2017]. Всего в 2010 и 2011 гг. было проанализировано 3947 и 5569 экз. горбуши, соответственно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Используемые в настоящее время бассейновые нормативы (в т. ч. удельной массы яичников (далее – УДМ)) разработаны и применяются в соответствии с рыбопромысловым районированием Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна для обширных регионов, таких, например, как Западная или Восточная Камчатка, Северо-Западный, Восточный или Юго-западный Сахалин, Южные Курильские о-ва и т. п.^{1,2} Для горбуши, согласно современным представлениям о её популяционной структуре, границы указанных регионов полностью либо частично совпадают с выделенными обширными участками воспроизводства популяций второго (после уровня смежных поколений) и более низкого рангов [Гриценко, 1981; Варнавская, 2006; Каев, 2007; 2017; Волобуев, Марченко, 2011]. Вместе с тем, очевидно, что использование единого норматива для варибельной величины УДМ применительно к столь протяжённым участкам ареала не может в достаточной мере обеспечивать эффективность реализации контроля за промыслом и производством продукции [Гриценко, Ельников, 2013], поскольку в их пределах существуют локальности воспроизводства стад горбуши более низкого иерархического уровня, различающихся в репродуктивный период по широкому ряду биологических по-

казателей [Ельников, Гриценко, 2014; Ромасенко и др., 2015; Гриценко, 2017].

В этой связи задача оптимизации практического применения подобных нормативных величин с позиций концепции «локального стада» обретает свою характерную специфику поскольку, с одной стороны, устанавливаемые показатели должны быть «привязаны» к существующим рыбопромысловым участкам добывающих лососей предприятий, на основе системного мониторинга и анализа уловов которых реально выполнима их периодическая актуализация, а с другой – в максимально возможной степени соответствовать дискретному распределению нерестовых ареалов популяций горбуши низшего иерархического ранга.

Необходимость выполнения этих двух условий обнажает целый ряд научно-прикладных проблем, поскольку в обычной рыбохозяйственной практике одно предприятие ведёт добычу на множестве промысловых участков, нередко затрагивающих разные локальные популяции лососей [Макоедов и др., 2006; 2009; Дубынин и др., 2007; Антонов, 2011]. Различается, кроме того, и промысловое значение разных единиц запаса у различных видов [Гриценко, 1990; 2002]. Также, часто у одного добытчика, помимо разрешений на вылов рыбы ставными неводами в морском прибрежье, существуют лимиты на промысел лососей и на речных участках. В итоге, в предельно возможном варианте одним предприятием промысел может одновременно вестись на основе большого числа участков, расстояние между которыми достигает иногда нескольких десятков километров. Среди них: морские ставные невода, в которые могут заходить лососи, мигрирующие на нерест в различные близлежащие реки и принадлежащие, соответственно, к разным иерархическим, локальным и сезонным группировкам [Шевляков, 2006; Ромасенко и др., 2015]; речные рыболовецкие участки, обслуживаемые достаточно мобильными бригадами рыбаков, облавливающих скопления рыб, находящихся, в зависимости от близости к нерестилищам, на разных стадиях созревания.

¹ Нормы выхода ястыков и зернистой икры тихоокеанских лососей Дальневосточного бассейна. 2021. М.: ФГБНУ «ВНИРО», Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»). 21 с.

² Лососи – 2012 (путинный прогноз). 2012. Владивосток: ТИНРО-Центр. 129 с.

Учитывая вышесказанное, вполне очевидно, что в реальных условиях лососевого промысла установление нормативных показателей и учёт с их помощью фактического вылова несёт в себе элемент неопределённости. Известны также условия, соблюдение которых позволяет избежать её проявления: наблюдения следует проводить регулярно на всём протяжении нерестового хода (затрагивая начало, рунный ход и конец хода) с интервалом не более пяти суток, основываясь на сравнительно больших объёмах случайных выборок³ [Методики определения..., 2002; Гриценко, Ельников, 2013].

В результате подобных мер возможная погрешность устанавливаемой величины будет ожидаемо снижаться и, вероятнее всего, практически нивелироваться, поскольку, несмотря на периодические колебания численного соотношения локальных стад (популяций) лососей в отдельных районах и уловах конкретного предприятия, их относительная доля на сравнительно больших временных промежутках (по крайней мере, в пределах возврата модального возрастного класса производителей) должна сохраняться стабильной ввиду воздействия лимитирующих ёмкостно-плотностных факторов среды на каждую из них вне зависимости от их абсолютной численности. Соблюдение же межгодовой периодичности мониторинга нормативных показателей позволяет существенно сгладить подобные колебания в отдалённо обозримой перспективе [Гриценко, Ельников, 2013; Гриценко, 2017; 2019].

Очевидно, что выделение нормативных показателей для каждого промыслового участка, равно как и для каждой наименьшей популяционной единицы, реально участвующих в промысле, не будет способствовать построению рациональной пространственной схемы их дифференциации, а приведёт лишь, вследствие их огромного числа, к её громоздкости. Таким же образом, с учётом размеров промысловых районов и существующего количества рыболовящих участков, уровень конкретного рыбодобывающего предприятия для подобного выделения также окажется слишком «мелким» и не сможет отвечать уровню принятия оптимальных управленческих решений [Гриценко, Харенко, 2012; Гриценко, Ельников, 2013].

Учитывая это и принимая во внимание основную значимость рыбохозяйственной составляющей рассматриваемой проблемы, мы считаем, что наиболее верным концептуальным подходом к её решению является совмещение принципа неопределённого (ран-

домного) выделения единиц нормирования в уловах одного пользователя, с одновременным отсутствием жёсткой «привязки» устанавливаемых величин к отдельным добывающим предприятиям, поскольку такой уровень их дифференциации, по ряду объективных причин (в т. ч. чрезвычайной трудозатратности их системного мониторинга), является реально недостижимым, а зачастую, излишним.

Таким образом, учитывая наименьшую пространственную структурированность нерестовых стад (популяций низшего иерархического уровня) горбуши, и возможные флуктуации их границ и численности [Животовский и др., 1989; Глубоковский, 1995; Макоедов, 1999], нам представляется целесообразным рассматривать в доступном на данный момент приближении в качестве подобных (достаточно крупных) территориальных структурных единиц отдельные морские заливы с имеющимися в их бассейнах наиболее значимыми в отношении единиц её запаса «реперными» реками [Шевляков, Маслов, 2011], или участки морского побережья различной протяжённости с расположенными вдоль них промысловыми участками [Есин, 2012].

Принятие данного концептуального подхода за основу определило дальнейшее изложение результатов нашего исследования.

На рис. 2 представлены полученные нами данные о географической и межгодовой изменчивости массы тела производителей горбуши в 2010–2011 гг.

Во всех исследованных заливах самцы горбуши оказались крупнее самок. Масса особей обоих полов всех шести заливов оказалась выше в 2010 году. Наибольшая масса тела производителей за два года наблюдений отмечена в зал. Простор: самок $1445 \pm 11 - 1343 \pm 14$ г, самцов $1468 \pm 16 - 1396 \pm 20$ г. Наименьшая – в Карагинском заливе: самок $1057 \pm 20 - 986 \pm 6$ г, самцов $1306 \pm 38 - 1153 \pm 10$ г. Для камчатских заливов характерны большие колебания признака между линиями чётных и нечётных лет (рис. 2). Средняя масса самок в пространственном отношении оказалась более изменчива, чем в межгодовом (рис. 2а). Характер изменчивости массы тела самцов был иным, чем самок (рис. 2б). Для двух лет наблюдений выявлено клиновое снижение массы самок в направлении с юга к северу ареала: (от зал. Простор к Карагинскому зал.) и последующее увеличение в Олюторском заливе (рис. 2а). Для средней массы самцов в 2010 г. подобной тенденции не наблюдалось, тогда как в 2011 г. пространственное изменение признака было сходным (рис. 2б). Разность между двумя крайними значениями массы самок (в зал. Простор и Карагинский) составила 388 г в 2010 г. и 357 г в 2011 г. Между предельными

³ Методики проведения опытно-контрольных работ при производстве продукции из лососевых рыб для установления показателей технологического нормирования. 2010. М.: ВНИРО. 34 с.

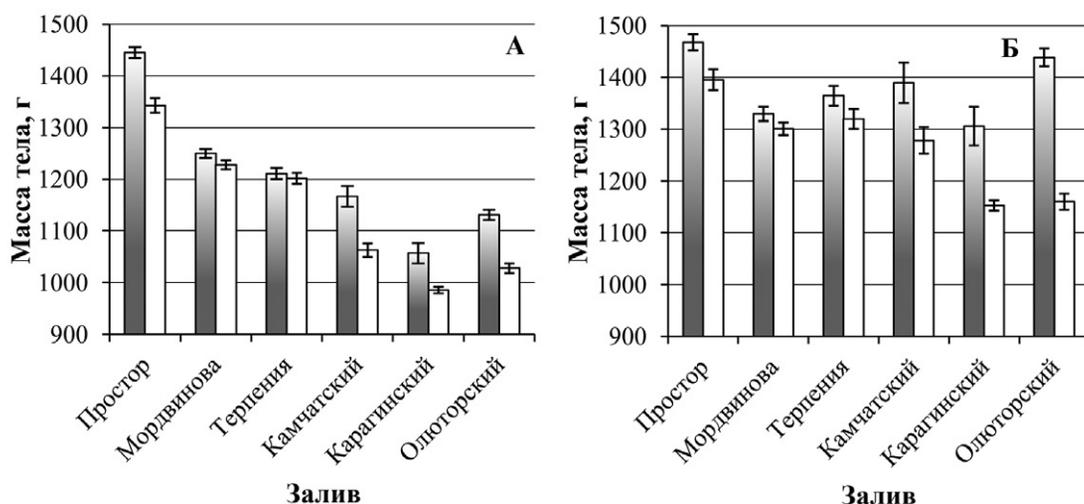


Рис. 2. Географическая изменчивость средней массы (г) самок (А) и самцов (Б) горбуши в 2010 (серые столбики) и 2011 (белые столбики) гг. Планки погрешностей показывают стандартную ошибку среднего значения

Fig. 2. Geographical variability of the average weight (g) of females (A) and males (B) of pink salmon in 2010 (gray bars) and 2011 (white bars). Error bars show the standard error of the mean

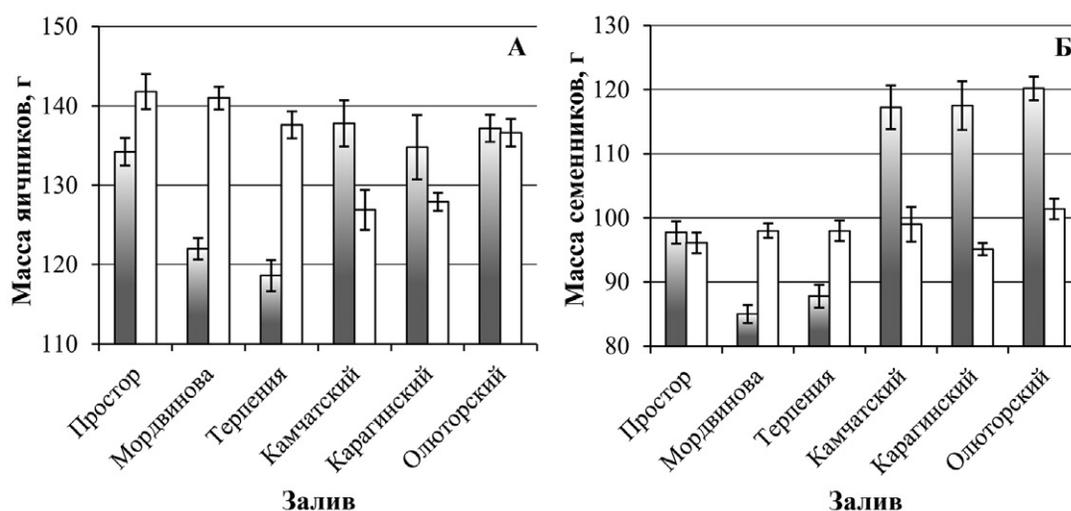


Рис. 3. Географическая изменчивость средней массы гонад (г) самок (А) и самцов (Б) горбуши в 2010 (серые столбики) и 2011 (белые столбики) гг. Планки погрешностей показывают стандартную ошибку среднего значения

Fig. 3. Geographical variability of the average gonad mass (g) of females (A) and males (B) of pink salmon in 2010 (gray bars) and 2011 (white bars). Error bars show the standard error of the mean

значениями массы самцов этих заливов – 162 и 243 г, соответственно. В межгодовом отношении наименьшая разность значений массы тела производителей характерна для двух заливов о. Сахалин (22 и 9 г для самок зал. Мордвинова и Терпения, соответственно, и 29 и 45 г, соответственно, для самцов).

Географическая и межгодовая изменчивость массы гонад производителей оказалась иной (рис. 3).

Средняя масса гонад самок в Сахалино-Курильском регионе в оба года наблюдений снижалась от зал. Простор к зал. Терпения (рис. 3 а). В 2010 г. снижение оказалось более выраженным, чем в 2011 г. На

Восточной Камчатке в 2010 г. масса яичников была примерно одинаковой во всех трёх исследованных заливах, а в 2011 г. возрастала в широтном направлении от юга к северу побережья полуострова. Обнаруживается характерная тенденция межгодовой изменчивости средней массы яичников: в пределах Сахалино-Курильского региона в 2010 г. она оказалась существенно ниже (125 г), чем в 2011 г. (140 г), тогда как в пределах Восточно-Камчатского региона наблюдалась противоположная тенденция (рис. 3 а). Масса гонад самцов в оба года наблюдений была наибольшей в Олюторском заливе (120 и 101 г, со-

ответственно). Изменчивость средней массы семенников в чётный и нечётный годы наблюдений была различной (рис. 3 б). В чётном 2010 г. рельефно проявилось межрегиональное расхождение её средних значений, а в нечётном, 2011 г., масса гонад самцов во всех заливах оказалась практически одинаковой. Наименьшая разность между годовыми значениями массы яичников отмечена в Олюторском заливе (менее 1 г), наибольшая – в зал. Мордвинова и Терпения (19 г). Для семенников эти значения составили, соответственно, 2 г в зал. Простор и 22 г в зал. Карагинский.

Сообразно изменениям массы гонад производителей и массы их тела варьировал средний коэффициент их зрелости (рис. 4).

У самок он возрастал в географическом отношении с юга на север ареала, достигая максимума в Карагинском (2010 г.) и Олюторском (2011 г.) зал. Коэффициент зрелости самцов демонстрировал в 2011 г. сходную изменчивость. При этом в 2010 г. средние значения коэффициента зрелости особей обоих полов выражено различались между Сахалино-Курильским и Восточно-Камчатским регионами: степень зрелости камчатских производителей была значительно выше (рис. 4). В пределах этих регионов, у сахалинских особей, они были практически одинаковы. А наибольшими у особей обоих полов оказались в 2010 г. в Карагинском и в 2011 г. в Олюторском заливах (рис. 4).

Принимая во внимание характер широтной (клинальной) изменчивости коэффициента зрелости самок горбуши и допуская, что в известном прибли-

жении в целом за нерестовый период соотношение полов у неё составляет 1:1 [Койдан, 1990; Алтухов и др., 1997; Водные биологические ресурсы..., 2000; Рослый, 2002; Волобуев, Марченко, 2011; Есин, 2012], можно было бы ожидать, что и значение УДМ, определяемое от общей массы всего улова (без рассортировки производителей по половому признаку), в широтном диапазоне будет также возрастать с юга на север ареала соответственно увеличению степени их зрелости. Однако полученными нами результатами подобное предположение не подтвердилось (рис. 5).

УДМ горбуши не была постоянной в географическом отношении и изменялась в интервале от 4,2 до 6,1% (рис. 5). В 2011 г. в указанных регионах она увеличивалась в северном направлении: от зал. Простор к зал. Терпения и от Камчатского зал. к Олюторскому. В 2010 г., напротив, в сахалино-курильских заливах её значение снижалось с юга к северу, а в камчатских заливах было наименьшим в центре воспроизводства горбуши восточно-камчатского стада (4,7%) и несколько большим (5,1–5,5%) на окраинах его нерестового ареала [Маркевич, 2003; Шевляков, 2006; Антонов, 2011]. Таким образом, в смежные годы наблюдений изменчивость её значений демонстрировала различную направленность, отличную от изменчивости коэффициента зрелости самок. На основании анализа механизмов формирования сезонной изменчивости УДМ горбуши [Гриценко, Ельников, 2013] ранее установлено, что данный факт следует рассматривать как следствие взаимосвязанного влияния процентного соотношения полов в уловах на УДМ,

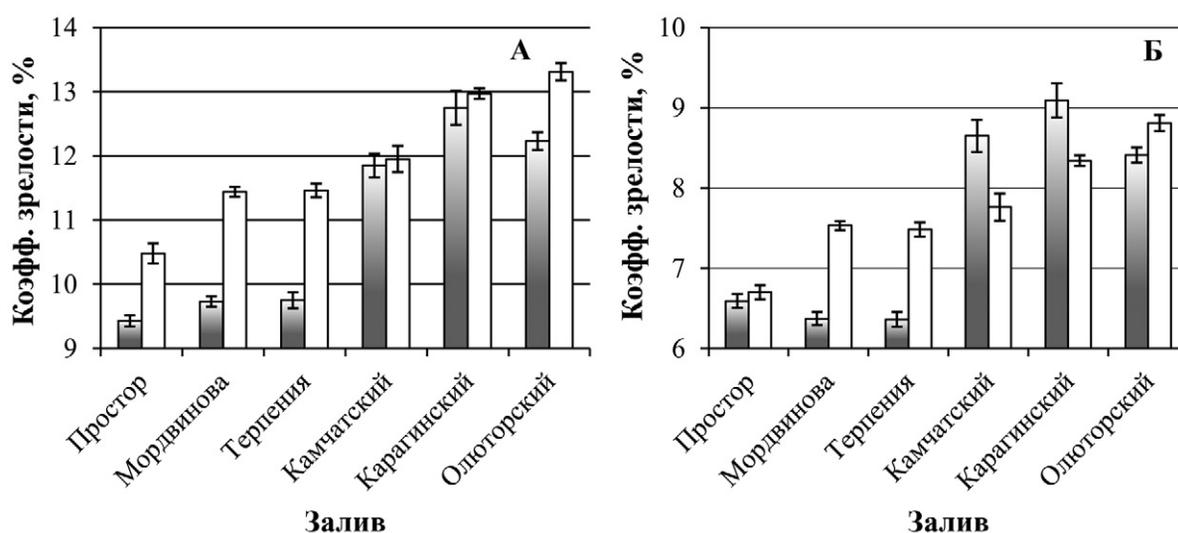


Рис. 4. Географическая изменчивость коэффициента зрелости (%) самок (А) и самцов (Б) горбуши в 2010 (серые столбики) и 2011 (белые столбики) гг. Планками погрешностей указана стандартная ошибка среднего значения

Fig. 4. Geographic variability of the maturity coefficient (%) of females (A) and males (B) of pink salmon in 2010 (gray bars) and 2011 (white bars). Error bars show the standard error of the mean

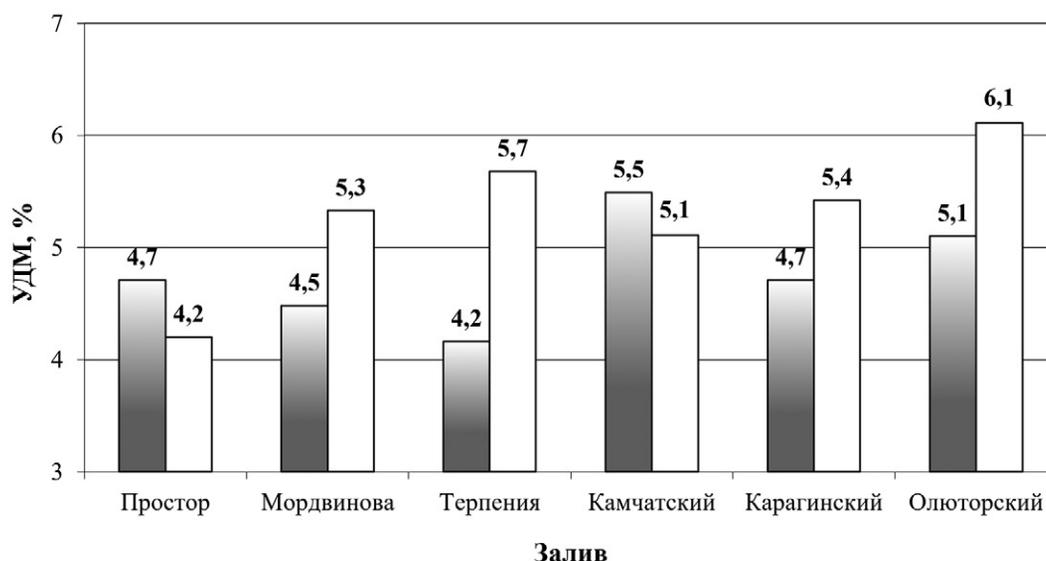


Рис. 5. Географическая изменчивость удельной массы яичников (%) горбуши в 2010 (серые столбики) и 2011 (белые столбики) гг.

Fig. 5. Geographical variability of the specific ovarian mass of pink salmon (%) in 2010 (gray bars) and 2011 (white bars)

определяемую без разделения производителей по половому признаку. Соответственно, выявление закономерностей формирования пространственной и межгодовой изменчивости величины УДМ невозможно без привлечения данного показателя в качестве фактора, определяющего динамику изменчивости УДМ в заливах наших исследований.

Полученные данные о межгодовой и пространственной изменчивости данного показателя в шести исследованных заливах представлены на рис. 6.

Согласно полученным данным, соотношение полов горбуши оказалось разным как в межгодовом, так и в пространственном отношении. В 2010 г. доля самок горбуши в разных заливах изменялась в пределах от 42,0 до 50,8%, в 2011 г. – от 44,9 до 52,0%. В 9 наблюдениях из 12 в промысловых выборках горбуши численно преобладали самцы (51,0–58,0%), только в двух выборках (в зал. Камчатский в 2010 г. и зал. Терпения в 2011 г.) – самки (50,8 и 52,0%, соответственно), а в ещё одной (в зал. Простор в 2010 г.) соотношение полов оказалось равным. В смежные годы в Сахалино-Курильском регионе широтная изменчивость данного показателя оказалась противоположной: в 2010 г. соотношение полов менялось в северном направлении в пользу самцов, тогда как в 2011 г. в пользу самок (рис. 6). Стоит отметить также, что в восточно-камчатском регионе в смежные годы доля самок горбуши оказалась минимальной в уловах Карагинского залива (42,0 и 45,6%, соответственно).

При сопоставлении изменчивости УДМ горбуши с выявленной половой изменчивостью структуры её уловов (долей самок в уловах) очевидна положительная направленная взаимосвязь между этими показателями в соответствующих заливах (рис. 5 и 6). Исключением из этого ряда являются только данные показателей для горбуши зал. Карагинского в 2011 г.

Одновременно полученные данные (рис. 5 и 6) свидетельствуют о том, что как в межгодовом, так и в пространственном аспекте пропорциональное соотношение между долей самок в уловах и величиной УДМ не является величиной постоянной. Так, при практически равной доле самок в уловах (например, в зал. Мордвинова и Олюторский в смежные годы (рис. 6), в зал. Простор и Камчатский в 2010 г., в зал. Мордвинова и Камчатский в 2011 г., а также зал. Терпения и зал. Карагинский, соответственно, в 2010 и в 2011 гг.) значения УДМ горбуши отличались в пределах 1,0–1,2% (рис. 5).

С учётом размера диапазона изменчивости УДМ горбуши, равного 1,9% (рис. 5), столь значимую разницу невозможно удовлетворительно интерпретировать посредством прямой зависимости её значений от процентного соотношения полов в уловах (равно как и от установленной изменчивости коэффициента зрелости самок). Поскольку на практике соотношение данных показателей оказывается различным в конкретный год наблюдений, необходимо определить их совместное влияние, объединив в единой регрессионной модели.

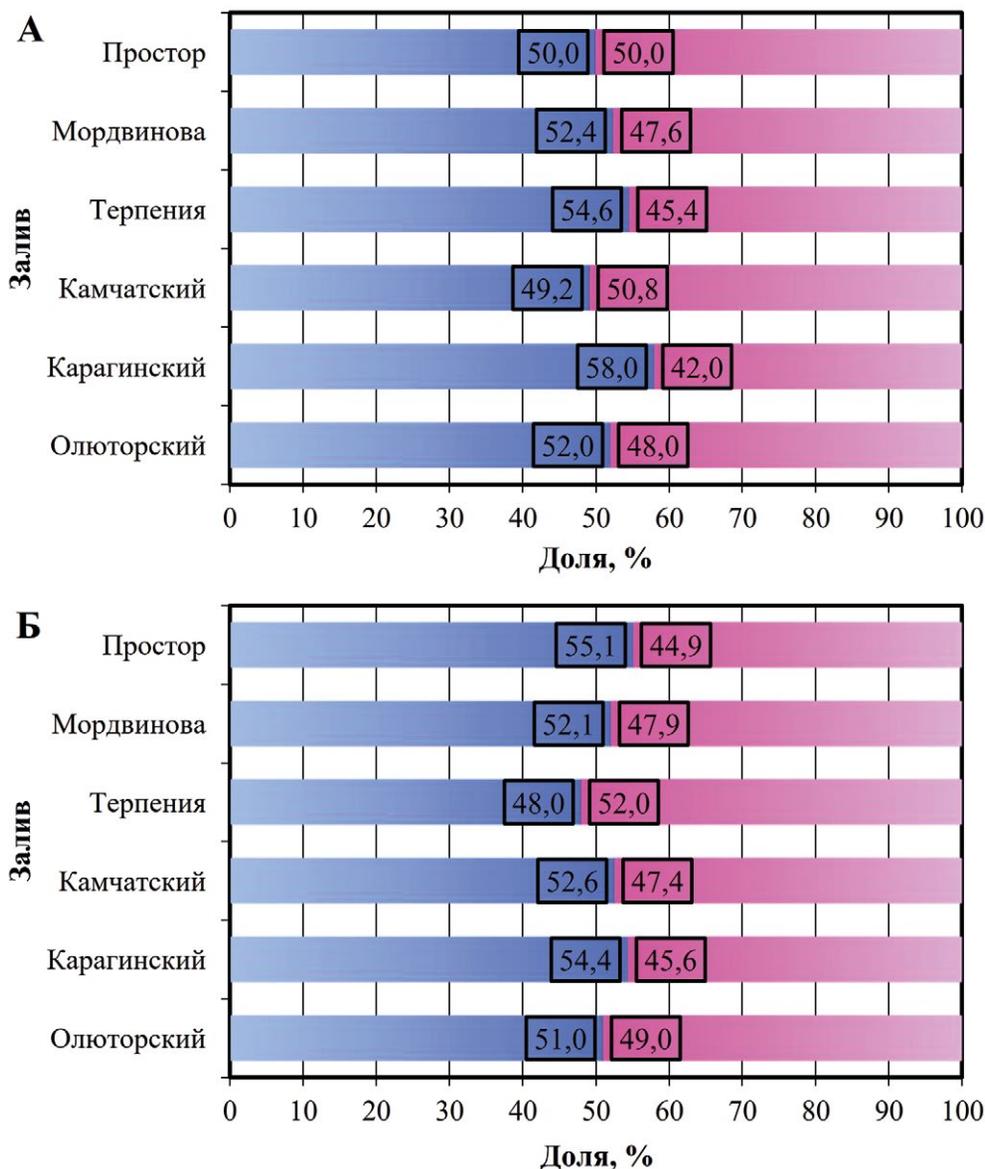


Рис. 6. Соотношение полов горбуши за период нерестового хода в 2010 (А) и 2011 (Б) гг. Голубым цветом указана доля самцов (%), розовым – доля самок (%)

Fig. 6. The sex ratio of pink salmon during the spawning run in 2010 (A) and 2011 (B). The proportion of males (%) is indicated in blue, the proportion of females (%) is indicated in pink

Для определения степени влияния двух варьирующих показателей на изменчивость УДМ горбуши с помощью центрально-композиционного ротатабельного планирования, основанного на построении трёхмерного графика поверхности отклика факторного пространства, зависимость УДМ горбуши от коэффициента зрелости и относительной доли самок в уловах была задана в виде полиномиальной функции второго порядка (рис. 7).

В результате реализации экспериментального плана получено уравнение регрессионной модели,

адекватно описывающее зависимость УДМ горбуши от двух варьирующих факторов с вероятностью не менее 95%.

$$\text{УДМ} = -4,1652 - 0,5679\omega + 0,2847\varphi + 0,0448\omega^2 - 0,0017\omega\varphi - 0,0013\varphi^2,$$

где: УДМ – удельная масса икриков горбуши от общей массы проанализированных особей, %; ω – коэффициент зрелости самок, %; φ – относительная доля самок в уловах, %.

Анализ графической интерпретации функции отклика показал, что максимальных значений (> 6,2%)

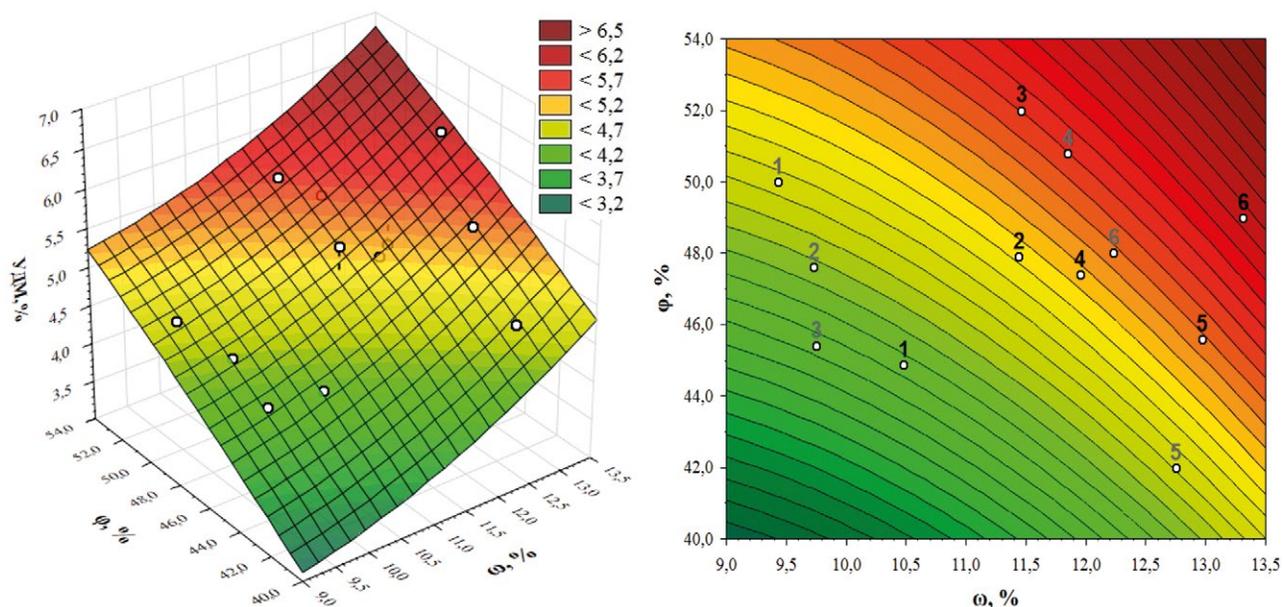


Рис. 7. Изменчивость удельной массы яичников горбуши (УДМ,%) в зависимости от коэффициента зрелости (ω , %) и доли самок в уловах (ϕ , %) в 2010–2011 гг. Поверхность отклика (А) и изолинии её сечений (Б). Цифрам соответствуют заливы: 1 – Простор, 2 – Мордвинова, 3 – Терпения, 4 – Камчатский, 5 – Карагинский, 6 – Олюторский (серым цветом указаны данные 2010 г., чёрным цветом – данные 2011 г.)

Fig. 7. Variability of the specific ovarian mass of pink salmon (SOM,%) depending on the maturity coefficient (ω , %) and the proportion of females in catches (ϕ , %) in 2010–2011. Response surface (A) and the isolines of its sections (B). The numbers correspond to the gulfs: 1 – Prostor, 2 – Mordvinova, 3 – Terpeniya, 4 – Kamchatsky, 5 – Karaginsky, 6 – Olyutorsky (2010 data are indicated in gray, 2011 data are indicated in black)

УДМ горбуши достигает при ω от 11,8 до 13,5% и ϕ от 49,5 до 54,0% (рис. 7). Согласно полученному уравнению повышение обоих показателей пропорционально увеличивает УДМ до области максимальных значений, ограниченной 6,8%. Поверхность отклика представляет собой слегка изогнутую наклонную плоскость с плавными последовательными переходами между выделенными зонами значений УДМ во всём интервале изменчивости двух варьирующих показателей.

Значения УДМ горбуши, установленные в восточно-камчатских заливах, оказались выражено смещены на графике изолиний сечения поверхности отклика (рис. 7б) в область максимальных значений функции (точки 4–6), тогда как 2/3 значений УДМ, соответствующих сахалино-курильским заливам (точки 1–3), расположены в зоне её наименьших и средних значений. Показательно также, что среднее за два года наблюдений значение УДМ горбуши в исследованных заливах оказалось наименьшим в самом южном зал. – Простор (4,5%), а наибольшим (5,6%) – в самом северном, зал. Олюторский.

На основании величины межгодовой изменчивости УДМ горбуши, условно выражаемой на графике изолиний сечения поверхности отклика через расстояние, полученное между её значениями в одном заливе в смежные годы (рис. 7б), можно сделать заклю-

чение о значительно больших межгодовых различиях этого показателя в сахалино-курильских заливах, нежели в восточно-камчатских. Наибольшее расстояние между двумя значениями отмечено для зал. Терпения (точки 3–3). Наименьшее – для зал. Камчатского (точки 4–4) (рис. 7б). В масштабе рассматриваемых нами Восточно-Камчатского и Сахалино-Курильского регионов максимальное межгодовое расстояние отмечено для наиболее северных заливов: Олюторского и Терпения (рис. 7 б), тогда как в двух других заливах каждого из регионов межгодовое расстояние между значениями УДМ горбуши оказалось практически равным. При этом только в самых южных заливах – Простор и Камчатский, УДМ горбуши в 2010 г. оказалась выше, чем в 2011 г. (рис. 5).

Таким образом, объединение в единой регрессионной модели двух факторов, определяющих УДМ горбуши, позволило выявить схожие черты её межгодовой изменчивости между двумя крупными регионами воспроизводства. Для двух южных заливов Сахалино-Курильского и Восточно-Камчатского регионов её величина пренебрежимо мала, тогда как в северных заливах она значительно выше (рис. 7б). В пределах этих регионов она демонстрирует клинальное увеличение в северном направлении. Вероятно, это обусловлено общностью внутривидовой

репродуктивной стратегии, свойственной второму иерархическому уровню (крупных региональных комплексов) популяционной организации горбуши обеих генеративных линий.

Анализ установленной зависимости также показал, что характер влияния двух варьирующих показателей стада горбуши (ω и φ) одинаков во всех исследованных заливах, что позволяет, в свою очередь, использовать полученную модель для верификации и прогнозирования величины УДМ горбуши в пределах указанных промысловых районов и также, с известной осторожностью, распространять её действие на другие крупные районы промысла. При этом очевидно, что эффективность применения значения УДМ для определения возможной массы ястыков горбуши, получаемого разными способами (как при её непосредственном мониторинге, так и рассчитываемого по показателям промысловых уловов с помощью представленной модели) будет различаться в зависимости от величины фактического вылова горбуши в конкретный год наблюдений. Соответственно, в год возврата более многочисленного поколения горбуши (чаще – линии нечётных лет) эта разница будет более значительна, что обуславливает для него приоритетность мониторинга и более глубокой дифференциации показателя УДМ. Для реализации дальнейшего развития системы нормирования показателя УДМ горбуши схема территориальной дифференциации её репродуктивного ареала в соответствии с определёнными заливами промысла или иными крупными участками воспроизводства представляется наиболее перспективной.

ВЫВОДЫ

1. Отсутствие ярко выраженной клинальной (широтной) географической изменчивости УДМ горбуши обусловлено влиянием на его годовое значение как межгодовой и пространственной изменчивости степени зрелости самок горбуши, так и их процентного содержания в уловах.

2. В южной части ареала горбуши (в Сахалино-Курильского регионе) межгодовая изменчивость удельной массы яичников более выражена, чем в северной (в Восточно-Камчатском регионе), что связано с большей межгодовой вариабельностью двух определяющих её показателей.

3. Дифференциация бассейнового норматива УДМ горбуши в соответствии с определёнными промысловыми заливами позволяет осуществлять более точную верификацию её фактического вылова, что способствует рациональному использованию её запасов.

Благодарности

Авторы выражают глубокую и искреннюю благодарность коллегам из Камчатского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО») к.б.н. А.Е. Шевлякову, В.Н. Боевой и С.В. Куприянову за любезно предоставленные материалы биоанализа горбуши, собранные в Камчатском и Карагинском заливах.

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

- Алтухов Ю.П., Салменкова Е.А., Омельченко В.Т. 1997. Популяционная генетика лососевых рыб. М.: Наука. 288 с.
- Антонов Н.П. 2011. Промысловые рыбы Камчатского края: биология, запасы, промысел. М.: Изд-во ВНИРО. 244 с.
- Бугаев В.Ф. 1995. Азиатская нерка (пресноводный период жизни, структура локальных стад, динамика численности). М.: Колос. 464 с.
- Бугаев В.Ф. 2011. Азиатская нерка-2 (биологическая структура и динамика численности локальных стад в конце XX – начале XXI вв.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 380 с.
- Бугаев А.В., Шевляков Е.А. 2008. Флюктуации численности горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* западного и восточного побережий Камчатки на рубеже XX и XXI веков // Бюллетень № 3 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток: ТИПРО-Центр. С. 63–74.
- Варнаевская Н.В. 2006. Генетическая дифференциация популяций тихоокеанских лососей. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. 488 с.
- Василенко А.В. 1994. Популяционная структура и структура популяции: попытка альтернативной интерпретации концепции «флуктуирующего стада» // Известия ТИПРО. Т. 116. С. 75–90.
- Водные биологические ресурсы северных Курильских островов. 2000. / ред. О.Ф. Гриценко. М.: Изд-во ВНИРО. 163 с. + 8 с. вкл.
- Волобуев В.В., Марченко С.Л. 2011. Тихоокеанские лососи континентального побережья Охотского моря (биология, популяционная структура, динамика численности, промысел). Магадан: СВНЦ ДВО РАН. 303 с.
- Воловик С.П. 1967. Структура нерестовых стад и эффективность естественного воспроизводства горбуши на южном Сахалине. Автореф. ... канд. биол. наук. Калининград: КТИРПиХ. 31 с.
- Глубоковский М.К. 1995. Эволюционная биология лососевых рыб. М.: Наука. 343 с.

- Глубоковский М.К., Животовский Л.А. 1986. Популяционная структура горбуши: система флуктуирующих стад // Биология моря. № 2. С. 39–44.
- Глубоковский М.К., Животовский Л.А., Викторovsky Р.М., Броневский А.М., Афанасьев К.И., Ефремов В.В., Ермоленко Л.Н., Калабушкин Б.А., Ковалев В.Г., Макоедов А.Н., Малинина Т.В., Пустовойт С.П., Рубцова Г.А. 1989. Популяционная организация горбуши // Генетика. Т. 25. № 7. С. 1275–1285.
- Глубоковский М.К., Марченко С.Л., Темных О.С., Шевляков Е.А. 2017. Методические рекомендации по исследованиям тихоокеанских лососей. М.: Изд-во ВНИРО. 80 с.
- Гриценко А.В. 2017. Пространственная и временная изменчивость биологических и нормативных показателей тихоокеанских лососей северо-востока Камчатки. Автореф. ... канд. биол. наук. Москва: ВНИРО. 24 с.
- Гриценко А.В. 2019. Сезонная и межгодовая изменчивость удельной массы яичников горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* северо-восточной Камчатки // Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса. Мат. VII науч.-практ. конф. молодых учёных с межд. участием (14–15 ноября 2019 г.). М.: Изд-во ВНИРО. С. 132–136.
- Гриценко А.В., Ельников А.Н. 2013. Об оценке величины вылова тихоокеанских лососей по выходу ястыков икры // Рыбное хозяйство. № 2. С. 65–70.
- Гриценко А.В., Харенко Е.Н. 2012. Проблемы нормирования выхода икры-сырца тихоокеанских лососей // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана. Мат. II Межд. науч.-технич. конф. Ч. 2. Владивосток: Дальрыбвтуз. С. 25–30.
- Гриценко О.Ф. 1981. О популяционной структуре горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) // Вопросы ихтиологии. Т. 21. Вып. 5. С. 787–799.
- Гриценко О.Ф. 1990. Популяционная структура сахалинской горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* // Вопросы ихтиологии. Т. 30. Вып. 5. С. 825–835.
- Гриценко О.Ф. 2002. Проходные рыбы острова Сахалин (систематика, экология, промысел). М.: Издательство ВНИРО. 248 с.
- Дубынин В.А., Бугаев В.Ф., Шевляков Е.А. 2007. О возможном прилове морскими ставными неводами в районе второстепенных рек Западной Камчатки нерки, не принадлежащей стадам этих рек // Известия ТИНРО. Т. 149. С. 226–241.
- Ельников А.Н., Гриценко А.В. 2014. Динамика биологических характеристик производителей тихоокеанских лососей р. *Oncorhynchus* в р. Апука и Олюторском заливе Берингова моря в 2007–2012 годах // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 33. С. 5–14.
- Енютин Р.И. 1972. Амурская горбуша (промысловый биологический очерк) // Известия ТИНРО. Т. 77. С. 3–126.
- Есин Е.В. 2012. Специфика размножения горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в вулканических реках центральной части Кроноцкого залива // Труды Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника. Вып. 2. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 208–217.
- Животовский Л.А., Глубоковский М.К., Викторovsky Р.М., Броневский А.М., Афанасьев К.И., Ефремов В.В., Ермоленко Л.Н., Калабушкин Б.А., Ковалев В.Г., Макоедов А.Н., Малинина Т.В., Пустовойт С.П., Рубцова Г.А. 1989. Генетическая дифференциация горбуши // Генетика. Т. 25. № 7. С. 1261–1274.
- Иванков В.Н. 1993. Популяционная организация у тихоокеанских лососей с коротким пресноводным периодом жизни // Вопросы ихтиологии. Т. 33. № 1. С. 78–83.
- Иванков В.Н., Добрицкий О.Ю., Скуба Н.С., Карпенко А.И. 1996. Дифференциация популяций горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* южного Сахалина // Биология моря. Т. 22. № 3. С. 167–173.
- Каев А.М. 2007. Биологические основы рационального промысла лососей в Сахалино-Курильском регионе // Вопросы рыболовства. Т. 8. № 4 (32). С. 713–733.
- Каев А.М. 2012. Темпоральная структура и некоторые вопросы динамики стада горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Salmonidae) // Вопросы ихтиологии. Т. 52. № 1. С. 62–71.
- Каев А.М. 2017. Горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*) Сахалино-Курильского региона: мониторинг и его некоторые результаты // Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление. Мат. Всеросс. науч. конф. с межд. участием (3–6 октября 2017 г., Петропавловск-Камчатский). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 148–155. DOI: 10.15853/978-5-902210-51-1.
- Каев А.М., Руднев В.А. 2007. Динамика стада горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Salmonidae) юго-восточного побережья острова Сахалин // Вопросы ихтиологии. Т. 47. № 2. С. 215–227.
- Карпенко А.И. 1995. Исследование популяционной структуры горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* южного Сахалина // Вопросы ихтиологии. Т. 35. № 3. С. 322–327.
- Картавец Ю.Ф. 1988. Популяционно-генетическая структура горбуши // Современное состояние исследований лососевидных рыб. Тез. докл. III всесоюз. Совещ. по лососевидным рыбам. Тольятти, 1–31 марта 1988 г. Тольятти: ИЭВБ АН СССР. С. 149–150.
- Картавец Ю.Ф. 1995. Генетическая дифференциация и интеграция в популяциях водных животных. Автореф. ... докт. биол. наук. Санкт-Петербург: СПбГУ. 39 с.
- Койдан Б.Н. 1990. Закономерности формирования динамики численности горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) материкового побережья Охотского моря. Автореф. ... канд. биол. наук. Москва: ВНИИПРХ. 23 с.
- Коновалов С.М. 1980. Популяционная биология тихоокеанских лососей. Л.: «Наука». 238 с.
- Кортаев Ю.А., Макоедов А.Н., Кортаева О.Б. 2002. Популяционная биология и промысловое значение анадырской кеты. М.: Вопросы рыболовства. 147 с.
- Леман В.Н., Смирнов Б.П., Точилина Т.Г. 2015. Пастбищное лососеводство на Дальнем Востоке: современное состояние и существующие проблемы // Труды ВНИРО. Т. 153. С. 105–120.
- Макоедов А.Н. 1999. Кариология, биохимическая генетика и популяционная феноетика лососевидных рыб Сибири и Дальнего Востока: сравнительный аспект. М.: УМК «Психология». 291 с.

- Макоедов А.Н., Антонов Н.П., Куманцов М.И., Погодаев А.Г. 2006. Теория и практика лососевого хозяйства на Дальнем Востоке // Вопросы рыболовства. Т. 7. № 1 (25). С. 6–21.
- Макоедов А.Н., Коротаев Ю.А., Антонов Н.П. 2009. Азиатская кета. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. 356 с.
- Марченко С.Л. 2004. Особенности биологии и популяционная структура горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) северного побережья Охотского моря. Автореф. ... канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-Центр. 24 с.
- Марченко С.Л., Голованов И.С. 2001. Локальные стада горбуши северного побережья Охотского моря // Состояние и перспективы рыбохозяйственных исследований в бассейне северной части Охотского моря. Вып. 1. Магадан: МагаданНИРО. С. 144–151.
- Методики определения норм расхода сырья при производстве продукции из гидробионтов / Под ред. Е.Н. Харенко. 2002. М.: Изд-во ВНИРО. 270 с.
- Омельченко В.Т., Вялова Г.П. 1990. Популяционная структура горбуши // Биология моря. № 1. С. 3–13.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность. 376 с.
- Ромасенко Л.В., Авдеев Д.В., Антонов А.А., Никитин В.Д., Онищенко И.Е. 2015. Биологическая характеристика горбуши в некоторых районах Сахалинской области в 2015 г. // Бюлл. № 10 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. Владивосток: ФГБНУ ТИНРО-центр. С. 116–120.
- Рослый Ю.С. 2002. Динамика популяций и воспроизводство тихоокеанских лососей в бассейне Амура. Хабаровск: Хабаровское книжное издательство. 212 с.
- Харенко Е.Н. 2014. Анализ методов учёта фактических уловов водных биоресурсов // Рыбное хозяйство. № 6. С. 59–61.
- Харенко Е.Н., Котенёв Б.Н., Сопина А.В., Рой В.И., Сердобинцев С.П., Коломейко Ф.В. 2007. Многофакторный анализ выхода икры минтая Охотского моря // Рыбное хозяйство. № 4. С. 106–112.
- Харенко Е.Н., Рой В.И. 2008. Регулирование промысла с использованием показателей технологического нормирования // Повышение эффективности использования водных биологических ресурсов. Мат. II Межд. науч.-практ. конф. М.: Изд-во ВНИРО. С. 262–264.
- Шевляков Е.А. 2006. Управление ресурсами тихоокеанских лососей *Oncorhynchus* в Камчатском регионе с учётом специфики многовидового промысла // Вопросы рыболовства. Т. 7. № 1 (25). С. 22–41.
- Шевляков Е.А., Маслов А.В. 2011. Реки, определяющие воспроизводство тихоокеанских лососей на Камчатке, как реперы для оценки заполнения нерестового фонда // Известия ТИНРО. Т. 164. С. 114–139.
- Beacham T.D., Withler R.E., Gould A.P. 1985. Biochemical genetic stock identification of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) in southern British Columbia and Puget Sound // Canadian J. of Fisheries and Aquatic Sciences. V. 42. P. 1474–1485.
- Larkin P.A. 1972. The stock concept and management of Pacific salmon // The stock concept in Pacific salmon. H.R. MacMillan Lectures in Fisheries. Vancouver: The University of British Columbia. P. 11–15.
- Varnavskaya N.V., Wood C.C., Everett R.J., Wilmot R.L., Varnavsky V.S., Midyanaya V.V., Quinn T.P. 1994. Genetic differentiation of subpopulations of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) within lakes of Alaska, British Columbia, and Kamchatka, Russia // Canadian J. of Fisheries and Aquatic Sciences. V. 51 (Suppl. 1). P. 147–157.

REFERENCES

- Altukhov Yu.P., Salmenkova E.A., Omelchenko V.T. 1997. Population structure of salmonid fish. M.: Nauka. 288 p. (In Russ.).
- Antonov N.P. 2011. Commercially harvested species of fish of the Kamchatka Region: biology, stocks and fisheries. Moscow; VNIRO Publish. 244 p. (In Russ.).
- Bugaev V.F. 2011. Asian Sockeye Salmon (freshwater period of life, biological structure, population dynamics). Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress. 292 p.
- Bugaev V.F. 2011. Asian Sockeye Salmon-2 (biological structure and abundance dynamics of local stocks in the late XX – early XXI century). Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress: 380 pp. – Color section 20 pp. (In Russ.).
- Bugaev A.V., Shevlyakov E.A. 2008. Fluctuations of pink salmon population on the western and eastern coasts of Kamchatka at the turn of the XX and XXI centuries // Bulletin № 3 of the realization of the «Concept of the Far Eastern basin program for pacific salmon research» Vladivostok: TINRO-Center Publish. P. 63–74. (In Russ.).
- Varnavskaya N.V. 2006. Genetic differentiation of the Pacific salmon populations. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO Publish. 488 p. (In Russ.).
- Vasilenko A.V. 1994. Population structure and structure of a population: an attempt at an alternative interpretation of the «fluctuating stock» concept // Izvestiya TINRO. V. 116. P. 75–90. (In Russ.).
- Aquatic Biological Resources of the Northern Kuril Islands. 2000. Edited by O.F. Gritsenko. M.: VNIRO Publishing. 163 p. + 8 colored inserts. (In Russ.).
- Volobuev V.V., Marchenko S.L. 2011. Pacific salmon of the Okhotsk Sea (biology, population structure, abundance dynamics, fishery). FGUP «MagadanNIRO». Magadan: NESCFEB Publish. 303 p. (In Russ.).
- Volovik S.P. 1967. The structure of spawning stocks and the efficiency of natural reproduction of pink salmon on southern Sakhalin. PhD abstract in biology. Kaliningrad: KTIRPiKH Publish. 31 p. (In Russ.).
- Glubokovsky M.K. 1995. Evolutionary biology Salmonid Fishes. Moscow: Nauka. 343 p. (In Russ.).
- Glubokovsky M.K., Zhivotovsky L.A. 1986. Population structure in pink salmon: a system of fluctuating stocks // Marine Biology. № 2. P. 39–44. (In Russ.).
- Glubokovsky M.K., Zhivotovsky L.A., Viktorovsky R.M., Bronevsky A.M., Afanasyev K.I., Efremov V.V., Ermolenko L.N., Kalabushkin B.A., Kovalyev V.G., Makoedov A.N., Malinina T.V., Pustovoyt S.P., Rubtzova G.A. 1989. Population structure of pink salmon // Genetics. V. 25. № 7. P. 1275–1285. (In Russ.).

- Glubokovsky M.K., Marchenko S.L., Temnykh O.S., Shevlyakov E.A. Methodological recommendations for Pacific salmon research. M.: VNIRO Publish. 80 p. (In Russ.).
- Gritsenko A.V. 2017. Spatial and temporal variability of biological and normative characteristics of Pacific salmon of northeastern Kamchatka. PhD abstract in biology. M.: VNIRO. 24 p. (In Russ.).
- Gritsenko A.V. 2019. Seasonal and interannual variability in specific ovarian mass of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* of northeastern Kamchatka // Current problems and perspectives of fishery complex development: materials of the VII scientific and practical conference of young scientists with international participation. M.: VNIRO Publish. P. 132–136. (In Russ.).
- Gritsenko A.V., Elnikov A.N. 2013. On estimation of Pacific salmon catches being made by roe cast // Rybnoe Khoziaystvo. № 2. P. 65–70. (In Russ.).
- Gritsenko A.V., Kharenko E.N. 2012. Problems of rationing output of caviar-raw of the pacific salmon // Urgent problems of the World Ocean biological resources development. Proceedings of the 2nd International scientific and technical conference. Part II. Vladivostok: Dalrybvtuz. P. 25–30. (In Russ.).
- Gritsenko O.F. 1981. On the population structure of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) // Voprosy ikhtiologii. V. 21. Iss. 5. P. 787–799. (In Russ.).
- Gritsenko O.F. 1990. Population structure of the Sakhalin pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* // Voprosy ikhtiologii. V. 30. Iss. 5. P. 825–835. (In Russ.).
- Gritsenko O.F. 2002. Diadromous fishes of Sakhalin (systematics, ecology, fisheries). M.: VNIRO Publish. 248 p. (In Russ.).
- Dubynin V.A., Bugaev V.F., Shevlyakov E.A. 2007. On possible bycatch of sockeye by the sea trap-nets near some minor rivers of the western Kamchatka, when the sockeye is not belonging to the stocks of this rivers // Izvestiya TINRO. V. 149. P. 226–241. (In Russ.).
- Elnikov A.N., Gritsenko A.V. 2014. Dynamics of biological characteristics of pacific salmon *Oncorhynchus* spawners from the Apuka river and the Olutorskiy gulf of the Bering Sea in 2007–2012 // The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean. Collection of the scientific papers. V. 33. P. 4–14. (In Russ.).
- Enyutina R.I. 1972. Amur pink salmon (commercial and biological essay) // Izvestiya TINRO. V. 77. P. 3–126. (In Russ.).
- Esin E.V. 2012. Specificity of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* spawning in volcanic rivers of the central part of the Kronotsky gulf // Proceedings of the Kronotsky state natural biosphere reserve. Iss. 2. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress. P. 208–217. (In Russ.).
- Zhivotovsky L.A., Glubokovsky M.K., Viktorovsky R.M., Bronevsky A.M., Afanasyev K.I., Efremov V.V., Ermolenko L.N., Kalabushkin B.A., Kovalev V.G., Makoedov A.N., Malinina T.V., Pustovoyt S.P., Rubtsova G.A. 1989. Genetic differentiation in pink salmon // Genetics. V. 25. № 7. P. 1261–1274. (In Russ.).
- Ivankov V.N. 1993. Population organization in Pacific salmon with a short freshwater life span // Voprosy ikhtiologii. V. 33. № 1. P. 78–83. (In Russ.).
- Ivankov V.N., Dobritskii O. Yu., Skuba N.S., Karpenko A.I. 1996. Differentiation of the population of pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha*, near southern Sakhalin // Marine Biology. V. 22. № 3. P. 167–173. (In Russ.).
- Kaev A.M. 2007. Biological foundation of rational salmon fishing in Sakhalin-Kuril region // Problems of fisheries. V. 8. № 4(32). P. 713–733. (In Russ.).
- Kaev A.M. 2012. Temporal structure and some features of stock dynamics of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* (Salmonidae) // Journal of ichthyology. V. 52. № 1. P. 57–67. DOI: 10.1134/S0032945211060038.
- Kaev A.M. 2017. Pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) of the Sakhalin-Kuril region: monitoring and some results on // Aquatic biological resources of Russia: status, monitoring, management. Proceedings of the All-Russian scientific conference with international participation (October 3–6, 2017, Petropavlovsk-Kamchatsky). Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2017. P. 148–155. DOI: 10.15853/978–5–902210–51–1. (In Russ.).
- Kaev A.M., Rudnev V.A. 2007. Population dynamics of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* (Salmonidae) from the southeastern coast of Sakhalin island // Journal of ichthyology. V. 47. № 3. P. 228–240.
- Karpenko A.I. 1995. Research of the population structure of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* of southern Sakhalin // Voprosy ikhtiologii. V. 35. № 3. P. 322–327. (In Russ.).
- Kartavtsev Yu.F. 1988. The population-genetic structure of pink salmon // Current state of research of salmonids. Abstracts of the III All-Union meeting on salmonids. Togliatti, March 1–31, 1988. Togliatti: IEVB AS USSR. P. 149–150. (In Russ.).
- Kartavtsev Yu.F. 1995. Genetic differentiation and integration in aquatic animal populations. Author's abstract. diss. ... doct. in biology. St. Petersburg: SPSU. 39 p. (In Russ.).
- Koydan B.N. 1990. Regularities of the formation of the dynamics of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) abundance on the mainland coast of the Sea of Okhotsk. PhD abstract in biology. M.: VNIIPRKH. 23 p. (In Russ.).
- Konovalov S.M. 1980. Population biology of Pacific salmon. L.: Nauka. 238 p. (In Russ.).
- Korotaev Yu.A., Makoedov A.N., Korotaeva O.B. 2002. Population biology and fishing significance of chum salmon of the Anadyr Bay region. M.: Problems of fisheries. 147 p. (In Russ.).
- Leman V.N., Smirnov B.P., Tochilina T.G. 2015. Pacific Salmon hatchery program on Russian Far East: current status and essential problems // Trudy VNIRO. V. 153. P. 105–120. (In Russ.).
- Makoedov A.N. 1999. Karyology, biochemical genetics and populations phonetics of Salmonoidei of Siberia and Far East: comparative aspect. M.: UMK «Psychology». 291 p. (In Russ.).
- Makoedov A.N., Antonov N.P., Kumantsov M.I., Pogodaev A.G. 2006. Theory and practice of salmon fisheries in the Far East // Problems of fisheries. V. 7. № 1(25). P. 6–21. (In Russ.).

- Makoedov A.N., Korotaev Yu.A., Antonov N.P.* 2009. Asian Chum Salmon. Petropavlovsk-Kamchatsky. KamchatNIRO Publishing. 356 p. (In Russ.).
- Marchenko S.L.* 2004. Features of biology and population structure of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) of the northern coast of the Sea of Okhotsk. PhD abstract in biology. Vladivostok: TINRO-Center. 24 p. (In Russ.).
- Marchenko S.L., Golovanov I.S.* 2001. Local stocks of pink salmon of the northern coast of the Sea of Okhotsk // Current conditional status and perspectives of fisheries research in the basin of the northern part of the Sea of Okhotsk. V. 1. Magadan: MagadanNIRO. P. 144–151. (In Russ.).
- Methods for determining the norms of consumption of raw materials in the production of products from hydrobionts* / Edited by E.N. Kharenko. 2002. M.: VNIRO Publishing. 270 p. (In Russ.).
- Omelchenko V.T., Vyalova G.P.* 1990. Population structure of pink salmon // Marine biology. № 1. P. 3–13. (In Russ.).
- Pravdin I.F.* 1966. Fish study guide (mainly freshwater). Moscow: Food Industry. 376 p. (In Russ.).
- Romasenko L.V., Avdeev D.V., Antonov A.A., Nikitin V.D., Onishchenko I.E.* 2015. Biological characteristics of pink salmon in some areas of the Sakhalin region in 2015 // Bull. No. 10 of Pacific salmon research in the Far East. Vladivostok: FSBSI «TINRO». P. 116–120. (In Russ.).
- Roslyj Yu.S.* 2002. Population dynamics and reproduction of Pacific salmon in the Amur basin. Khabarovsk: Khabarovsk book publishing. 212 p. (In Russ.).
- Kharenko E.N.* 2014. An analysis of accounting methods of water living resources actual catches // Rybnoe Khoziaystvo. № 6. P. 59–61. (In Russ.).
- Kharenko E.N., Kotenyov B.N., Sopina A.V., Roy V.I., Serdobintsev S.P., Kolomeyko F.V.* 2007. Multi-factor analysis of cast of pollack roe (the Sea of Okhotsk) // Rybnoe Khoziaystvo. № 4. P. 106–112. (In Russ.).
- Kharenko E.N., Roy V.I.* 2008. Regulation of fisheries using technological rationing factors // Towards higher effectiveness in exploitation of aquatic living resources. Second international scientific and applied conference: conference papers. M.: VNIRO Publish. P. 262–264. (In Russ.).
- Shevlyakov E.A.* 2006. The Pacific salmon *Oncorhynchus* resource management in Kamchatka region with taking into account the specifics of multi-species fishery // Problems of fisheries. V. 7. № 1(25). P. 22–41. (In Russ.).
- Shevlyakov E.A., Maslov A.V.* 2011. The rivers determining reproduction of pacific salmon in Kamchatka as indicators of spawning grounds filling // Izvestiya TINRO. V. 164. P. 114–139. (In Russ.).
- Beacham T.D., Withler R.E., Gould A.P.* 1985. Biochemical genetic stock identification of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) in southern British Columbia and Puget Sound // Canadian J. of Fisheries and Aquatic Sciences. V. 42. P. 1474–1483.
- Larkin P.A.* 1972. The stock concept and management of Pacific salmon // The stock concept in Pacific salmon. H.R. MacMillan Lectures in Fisheries. Vancouver: The University of British Columbia. P. 11–15.
- Varnavskaya N.V., Wood C.C., Everett R.J., Wilmot R.L., Varnavsky V.S., Midyanaya V.V., Quinn T.P.* 1994. Genetic differentiation of subpopulations of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) within lakes of Alaska, British Columbia, and Kamchatka, Russia // Canadian J. of Fisheries and Aquatic Sciences. V. 51 (Suppl. 1). P. 147–157.

*Поступила в редакцию 26.04.2022 г.
Принята после рецензии 26.07.2022 г.*



Технология переработки водных биоресурсов

Морские красные водоросли — неиссякаемый источник биологически активных веществ для медицины и фармацевтики

А.В. Подкорытова, Т.А. Игнатова

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

Цель: подготовить обзорные данные о составе и свойствах биологически активных веществ морских красных водорослей морей Мирового океана и прибрежных зон Белого моря России.

Результат: представлены сводные данные по составу и свойствам БАВ красных водорослей (Rhodophyta), произрастающих в морях Мирового океана, а также в прибрежных зонах Белого моря России, опубликованных зарубежными и российскими авторами, в том числе авторами статьи. Морские красные водоросли рассматриваются как источники природных высокоактивных веществ, обладающих разнообразными биологическими свойствами, положительно влияющими на здоровье человека.

Новизна: приведены обзорные данные широкого спектра биологических активностей красных водорослей Мирового океана и новые данные по антимикробной активности экстрактов из *Ahnfeltia plicata*, *Polysiphonia fucooides* и др. Установлено, что спиртовые экстракты из *P. fucooides* обладают антимикробной активностью в отношении культур *S. aureus* «Виотко» и *L. monocytogenes* 766, а СК-СО₂ экстракты из *P. fucooides* — против *L. monocytogenes*.

Практическая значимость: показано традиционное использование красных водорослей для производства агара и каррагинанов — природных гелеобразователей, непосредственно в пищу, а также для получения лечебно-профилактической и медицинской продукции и фармацевтических средств.

Используемые методы: данные по составу и свойствам биологически активных веществ (БАВ) морских красных водорослей приведены с привлечением обзора зарубежных опубликованных работ и результатов собственных исследований красных водорослей Белого моря и экстрактов из них. При проведении исследований были использованы современные инструментальные методы и высокоточное лабораторное оборудование.

Ключевые слова: красные водоросли, агар, каррагинаны, бромфенолы, алкалоиды, биологически активные вещества (БАВ), пища, медицина, фармацевтика.

Marine red algae as an inexhaustable source of biologically active substances for medicine and pharmaceuticals

Antonina V. Podkorytova, Tatyana A. Ignatova

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

The aim: To study the composition and properties of biologically active substances (BAS) from marine red algae.

Result: Summary data on the composition and properties of biologically active substances in red algae (Rhodophyta) growing in the Seas of the World Ocean, as well as in the coastal zones of the White Sea of Russia, published by Foreign and Russian authors, including the authors of the article, were presented. Marine red algae are considered as sources of natural highly active substances with a variety of biological properties that have a positive effect on human health.

Novelty: Review data on a wide range of red algae biological activities from the World Ocean and new data on the antimicrobial activity of extracts from *Ahnfeltia plicata*, *Polysiphonia fucooides*, etc. are presented. It was found that alcoholic extracts from *P. fucooides* have antimicrobial activity against cultures of *S. aureus* «Viotko» and *L. monocytogenes* 766, and SC-CO₂ extracts from *P. fucooides* — against *L. monocytogenes*.

Practical significance: The traditional use of red algae for the production of agar and carrageenans — natural gelling agents, as well as directly for food and for the production of therapeutic and prophylactic, medical products and pharmaceuticals has been shown.

Methods used: Data on the composition and properties of biologically active substances (BAS) of marine red algae are given with the involvement of a review of foreign published works and the results of our own studies of red algae from the White Sea and extracts from them. During the research, modern instrumental methods and high-precision laboratory equipment were used.

Keywords: Red algae, agar, carrageenans, bromophenols, alkaloids, biologically active substances (BAS), food, medicine, pharmaceuticals.

ВВЕДЕНИЕ

Красные водоросли отдела Rhodophyta – многочисленная группа морских растений, состоящая из 6 тыс. видов, относящихся более чем к 700 родам и 38 порядкам [AlgaeBase¹; Писарева, Клочкова, 2013]. Произрастают в литоральных зонах на глубинах до 40, а иногда и до 250 м. Некоторые красные водоросли-макрофиты съедобные и входят в рацион людей, проживающих в прибрежных зонах морей. В древности они были дешёвой и легкодоступной ежедневной едой для населения этих районов. В странах Юго-Восточной Азии водоросли тысячелетиями считались ценными морскими овощами. В последние годы региональные кухни из морских водорослей были заново открыты и обновлены для всего мира в виде новой гастрономии (фикогастрономия) [Mouritsen, Rhatigan, Pérez-Lloréns, 2018]. Например, красная водоросль *Meristotheca papulosa* очень ценится в Японии, Южной Корее, Китае и используется, в основном, для изготовления салатной продукции. Водоросли *Gracilaria* и *Kappaphycus*, *Euचेuma*, *Betaphycus*, *Hypnea* используют также для изготовления салатов, солений и сладкой продукции (желе, компоты, начинки для пирогов). Не менее ценится и порфира (*Porphyra tenera*), которую в настоящее время культивируют в объёмах до 3 млн т/год, что составляет, по данным на 2019 г., около 8% всего рынка аквакультуры водорослей и оценивается примерно в 1 млрд долларов США. Используют порфиру, главным образом, для изготовления пластинок NORI, а также салатов и множества других пищевых продуктов [Gamal, 2010; Levine, Sahoo, 2010, FAO²].

С другой стороны, природные вещества, синтезируемые красными водорослями, в последние несколько десятилетий привлекают всё больше внимания химиков, биохимиков, биотехнологов и фармакологов. Интерес со стороны химиков, технологов и биотехнологов был направлен на количественные и качественные исследования метаболитов морских растительных организмов, выявление в них необычных органических молекул, изучение их свойств, установление их биологических активностей. Изучалась возможность получения из водорослей очищенных биологически активных веществ (БАВ) или их смесей. В то же время химики-органики брали за основы эти структуры для их синтеза и создания аналогов. В последние десятилетия изменилось обоснование проводимых исследований, так как ранее они носили «фитохимический» характер и при этом сравнивали профили метабо-

литов, аналогичные тем, которые были обнаружены в наземных растениях в предыдущие десятилетия. Однако детальные исследования химического состава морских водорослей, в частности, красных, позволили обнаружить в них органические вещества не свойственные наземным растениям. Фармакологические оценки натуральных продуктов, выделенных из морских водорослей, также несколько изменились: начались они с ранних исследований токсинов, за которыми последовало изучение цитотоксической и противоопухолевой активностей. В настоящее время уже проводятся многочисленные исследования на моделях, на животных и в анализах связывания рецепторов. Ключевые разработки, открытия и достижения, вызвавшие живейший интерес к этой области, позволили взглянуть в будущее на биомедицинский потенциал морских природных продуктов, в частности, на биологически активные вещества (БАВ) красных водорослей и показать обоснованную перспективность их использования [Ireland et al., 1993]. В связи с этим морские красные водоросли стали рассматривать как источники БАВ, способные оказывать положительное воздействие на организм человека. Основное внимание уделяется тем классам соединений, содержащимся в красных водорослях, которые могут иметь медицинское и фармацевтическое значение, а также использоваться в процессе медицинских исследований. Немаловажное значение придаётся изучению возможности их биотрансформации под химическим, ферментативным или микробиологическим воздействием [Smit, 2004]. Расширенный перечень морских красных водорослей, состав и свойства их БАВ представлены в табл. 1.

Красные водоросли – это полноценный источник многих биологически активных метаболитов [Gamal, 2010], но до настоящего времени они используются, главным образом, для производства гелеобразующих полисахаридов (агара, агарозы, каррагинанов), которые могут быть также основой для создания лекарственных средств.

Из хорошо известного гелеобразующего полисахарида – агара, путём его ферментативного или химического гидролиза, получают олигосахариды. Две формы олигосахаридов могут быть образованы из агара в зависимости от части концевого моносахарида, а именно агаро-олигосахариды и нео-агаро-олигосахариды [Lahaye et al., 1989]. Известно, что в молекулах галактанов имеются только два типа связей между производными галактозы, причём, эти связи строго чередуются. Это означает, что строение молекул можно представить в виде повторяющихся дисахаридных звеньев (рис. 1).

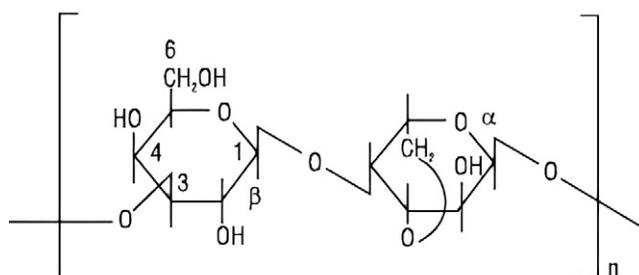
¹ <http://www.algaebase.org>. 11.07.2022.

² www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en 11.07.2022.

Таблица 1. Состав и свойства биологически активных веществ, экстрагируемых из морских красных водорослей
Table 1. Composition and properties of biologically active substances extracted from marine Red Algae

Виды водорослей	Наименование БАВ	Свойства	Источник
<i>Ahnfeltia plicata</i> , <i>A. tobuchiensis</i> <i>Gelidium</i> spp., <i>Gracilaria</i> spp., <i>Pterocladia</i> spp.	Агар и его производные (агаротетраоза, агарогексаоза, агаробиоза)	Антиоксидантные, гепатопротекторные, ингибирование активности ферментов, противовоспалительные, противодиарейные	Kutscher, Blumberg, 1939; Enoki et al., 2003; Chen et al., 2005; Chen et al., 2006
<i>Chondrus crispus</i> , <i>C. armatus</i> , <i>C. ocellatus</i> , <i>P. nervosa</i> , <i>Eucheuma cottonii</i> , <i>Furcellaria fastigiata</i> , <i>Eucheuma denticulatum</i>	Каррагинаны (κ, λ, ι-каррагинаны и др. типы)	Антикоагулянтные, иммуномодулирующие, противовирусные, противоопухолевые	Ермак, Хотимченко, 1997; Назарова и др., 1998
<i>Ahnfeltia paradoxa</i> , <i>Polysiphonia urceolata</i> , <i>Polysiphonia tripinnata</i> , <i>Phyllophora crispa</i> , <i>Chondrus crispus</i>	Алкалоиды, каррагинаны	Гипертензивные, ионотропные, мочегонные, нейромодулирующие, противодиарейные	Kneifel et al., 1977; Percot et al., 2009
<i>Odonthalia corymbifera</i> , <i>Rhodomela confervoides</i> , <i>Polysiphonia morrowii</i> , <i>P. urceolata</i> , <i>P. lanosa</i>	Бромфенолы	Антибактериальные, антидиабетические, антиоксидантные, апоптотические, ингибиторы активности ферментов, противовирусные, противогрибковые, противоопухолевые, цитотоксичные	DaYong Shi et al., 2008; Kim et al., 2011; Li et al., 2012; Mikami et al., 2013; Liu et al., 2014; Xin Qi et al., 2015; Islam et al., 2017
<i>Ahnfeltia plicata</i>	Диэтоксизтан, 3-метил, 1-бутанол, сквален, агар	Антиоксидантные	Sah, Shankhadarwar, 2020
<i>Chondrus crispus</i>	Флавоноиды, фенолы, дубильные вещества, каррагинан	Антиоксидантные, противовоспалительные, цитотоксичные	Alkhalaf, 2020
<i>Ceramium virgatum (rubrum)</i> , <i>Dumontia incrassate</i> , <i>Polyides rotunda</i>	Галогенированные моно- и дитерпены, стерины, алкалоиды, полифенолы	Антибактериальные	Allmendinge et al., 2010
<i>Ceramium virgatum (rubrum)</i> , <i>Polysiphonia urceolata</i>	Флавоноиды, фенолы	Антибактериальные, антиоксидантные	Güner et al., 2018
<i>Ceramium virgatum (rubrum)</i>	Жирные кислоты и их метиловые эфиры, ациклический дитерпеновый спирт, стеариновая кислота	Антибактериальные	Cortés et al., 2014
<i>Ptilota filicina</i>	Конъюгированный триен	Цитотоксичные	Zheng et al., 2002
<i>Ptilota plumosa</i>	Лектин	Агглютинационные	Sampaio et al., 2002

Рис. 1. Звено агарозы (агаробиозы) или 4-О-β-D-галактопиранозил-3,6-ангидро-L-галактозы
Fig. 1. Disaccharide repeating unit of agarose (agarobiose) or 4-O-β-D-galactopyranosyl-3,6-anhydro-L-galactose



Частичное расщепление только одного типа связей приводит к образованию олигосахаридов, построенных из чётного числа моносахаридных остатков. Расщепление связей другого типа также даёт набор олигосахаридов из чётного числа моносахаридных остатков, которые отличаются от предыдущей серии природой концевых моносахаридов. Данные по исследованию биологической активности олигосахаридов показали, что их функциональность напрямую коррелирует со степенью полимеризации: агаро-олигосахариды со степенью полимеризации 2–4 обладают способностью подавлять продукцию противовоспалительного цитокина [Enoki et al., 2003]. Также было установлено, что агаробиоза обладает хорошо выраженной ингибирующей активностью α -глюкозидазы, в то время как агаро-тетраоза и агаро-гексаоза – антиоксидантными свойствами [Chen et al., 2005]. Получены положительные результаты, подтверждающие гепатопротекторный эффект агаро-олигосахаридов с нечётным количеством моносахаридных единиц [Chen et al., 2006].

В фармацевтических биотехнологиях агар используется как вспомогательное средство при создании фармпрепаратов для перорального и наружного применения. Агар входит в состав микрокапсул, гранул, а также в гелевые формы препаратов. В состав таблеток агар добавляется в виде сухого порошка в количестве 3–5% в качестве разрыхлителя, а в составе растительных гранулятов используется как наполнитель. Благодаря способности к гелеобразованию агар используется в гидрофильных системах как регулятор вязкости, а в суспензиях и эмульсиях – как диспергатор и стабилизатор. Эмульгирующее действие агара незначительно, но он стабилизирует эмульсии благодаря способности его водных растворов к гелеобразованию. Потенциально олигосахариды агара могут быть использованы в качестве функционального ингредиента в продуктах питания, напитках или в качестве компонента в фармацевтических препаратах [Chen et al., 2005].

Каррагинаны, получаемые из красных водорослей родов *Chondrus*, *Kappaphycus*, *Eucheuma*, *Gigartina*, обладают противоопухолевыми, противовирусными, антикоагулирующими и иммуномодулирующими свойствами [Ермак, Хотимченко, 1997; Назарова и др., 1998].

Для обнаружения БАВ в водорослях проводят исследования их вторичных метаболитов, которые синтезируются в процессе роста и развития растений, но не влияют на метаболизм их основных структурообразующих веществ и репродукцию. К вторичным метаболитам относятся фенольные соединения, алкало-

иды, терпеноиды, лектины и др. В связи с этим был очевиден прогресс в рассмотрении красных водорослей как потенциальных источников БАВ и применения их вторичных метаболитов в качестве фармацевтических препаратов [Liu et al., 2011].

К наиболее изученным вторичным метаболитам красных водорослей относятся **бромфенольные** соединения которые обладают антиоксидантным, противоопухолевым, антидиабетическим, антитромботическим, противогрибковым и антибактериальным действием [Bansemir et al., 2006; Salvador et al., 2007; Allmendinger et al., 2010; Dubber, Harder, 2008; Güner et al., 2018; Alkhalaf, 2020], что также имеет большое значение и перспективность для их применения в сельском хозяйстве [Liu et al., 2014].

Бромфенолы красных водорослей обладают цитотоксической активностью в отношении нескольких линий опухолевых клеток человека (аденокарциномы лёгких, раковых клеток желудка, толстой кишки и шейки матки, эпителиальных опухолевых клеток, гепатоцеллюлярной карциномы, глиобластомы) благодаря взаимодействию с различными клеточными и молекулярными мишенями [Li et al., 2011; Liet al., 2012; Jesus et al., 2018; Lever et al., 2019]. Некоторые бромфенолы ингибируют действие ферментов, таких как α -глюкозидазу, сахаразу, мальтазу, тирозиназы и др. [Islam et al., 2017]. Однако есть пример, когда из красной водоросли *Polysiphonia sphaerocarpa* были выделены бромфенолы 10-ти типов с разнообразными свойствами [Flodin, Whitfield, 2000]. Бромфенолы, выделенные из *Polysiphonia morrowii* и *Odonthalia corymbifera*, продемонстрировали ингибирующее действие в отношении глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы, которая участвует в синтезе жирных кислот, что определяет возможность их использования в качестве средства против ожирения [Mikami et al., 2013]. Бромфенолы, выделенные из *Rhodomela confervoides*, перспективно использовать для лечения сахарного диабета 2 типа [DaYong Shi et al., 2008], а выделенные из красной водоросли *P. morrowii* – в качестве противовирусных препаратов в аквакультуре лососевых рыб, заболевания которых наносят серьёзный ущерб производству форели и лосося [Kim et al., 2011]. Бромфенольные соединения, выделенные из *Laurencia majuscula*, ингибировали рост колоний *Staphylococcus epidermis*, *Klebsiella pneumonia* и *Salmonella* sp. Антибиотическое действие бромфенолов из *L. majuscula* не уступало действию коммерческих антибиотиков [Vairappan, 2003].

Азотсодержащие бромфенолы, экстрагируемые из *Rhodomela confervoides* и *Polysiphonia urceolata*, проявляют антирадикальное, антиоксидантное действия

против DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил) и ABTS (2,2'-азино-бис-(3-этилбензтиозолин-6-сульфооксида)). Экстракты из этих красных водорослей, содержащие бромфенолы, могут быть использованы в качестве пищевой добавки для предотвращения окислительной порчи пищевых продуктов [Li et al., 2011; Li et al., 2012; Sah, Shankhadarwar, 2020]. Простейшие фенолы и их производные в медицине используют в качестве антимикробных (фенол, резорцин), противовоспалительных (салол, осарсол), спазмолитических (адреналин, папаверин), жаропонижающих (аспирин, салициловая кислота), слабительных (фенолфталеин, аденолитических (мезатон), вяжущих (танины) и других лекарственных средств, а также витаминов Е и Р [Синович, Павлов, 1998].

Алкалоиды — особая группа органических азотсодержащих соединений основного характера, встречающихся в растительных организмах и обладающих сильным физиологическим действием. Термин «алкалоид» — «щелочеподобный» (от арабского «alcali» — щёлочь и греческого «eidos» — подобный) предложил в 1819 г. немецкий учёный К. Мейснер. Алкалоиды наземных растений, в отличие от алкалоидов водорослей, хорошо изучены и широко применяются как фармацевтические вещества, обладающие фармакологической активностью. По своей структуре алкалоиды, выделенные из морских водорослей, в основном относятся к производным фенилэтиламина, индола и галогенированных индолов [Güven et al., 2010].

Алкалоиды группы фенилэтиламин были выделены из *Ceramium rubrum*, *Dumontia incrassata*, *Polysiphonia urceolata*, *Phyllophora crispa*, *P. morrowii*, *P. tripinnata*, *Polyides rotundus*, *Chondrus crispus*, *Ahnfeltia paradoxa*, *Rhodophyllis membranacea*. Было установлено, что алкалоиды стимулируют деятельность центральной нервной системы, вызывают сужение сосудов, увеличивают частоту сердечных сокращений, а также некоторые из них обладают мочегонным действием, подавляют перистальтику кишечника, проявляют противогрибковую активность и, в связи с этим, используются в медицине [Güven et al., 1969; Napke, Strathmann, 1995; Barroso, Rodriguez, 1996; Percot et al., 2009; Yalcin et al., 2007].

Лектины — это вещества белкового происхождения, содержащиеся в некоторых водорослях. Они способны обратимо связываться с углеводами, агглютинируя клетки и/или осаждать полисахариды и гликопротеины. Экстракт, выделенный из *Ptilota plumosa*, показал высокоселективную агглютинацию против эритроцитов группы В крови человека [Sampaio et al., 2002].

В Северном рыбохозяйственном бассейне Российской Федерации (Белое и Баренцево моря) сосредоточены запасы как промысловых, так и потенциально промысловых красных водорослей. Видовой состав флоры Баренцева моря аналогичен таковой Северной Атлантики [Зинова, 1962; Виноградова, 1986]. Наиболее разнообразным по видовому составу красных макроводорослей является Мурманское побережье, где обитают 75 видов. В Белом море насчитывается около 62 видов красных водорослей. Наиболее мощные их заросли обнаруживают в прибрежной зоне на глубине до 25–30 м. Этому способствуют относительная мелководность моря, подходящий для прикрепления субстрат (валуны, камни, многочисленные луды и корги), отсутствие сильного волнения, особенно в заливах, достаточная освещённость в поверхностных слоях воды, обилие питательных солей, хорошая аэрация воды [Зинова, 1950; 1962].

В Белом море запасы красной водоросли *Ahnfeltia plicata* в первой половине прошлого столетия оценивались в 14 тыс. т. На основании этого факта и результатов научных исследований, в том числе по разработанной технологии агара, опубликованной в книге [Кизеветтер и др., 1967], в 1934 г. было организовано на Соловецких островах производство этого природного гелеобразователя. Однако, в связи с сокращением запасов *A. plicata* в настоящее время активная добыча этой водоросли в Белом море запрещена. Разрешено собирать анфельцию из штормовых выбросов [Глубоковский и др., 2012; Подкорытова и др., 2019]. Остальные красные водоросли, произрастающие в морях СРХБ, не являются промысловыми и в настоящее время нет научно обоснованных рекомендаций по их сбору и использованию.

Данные по свойствам БАВ и их содержанию в красных водорослях, произрастающих в Северных морях России, весьма ограничены, несмотря на значительное количество видов, обнаруженных в этом регионе [Возжинская, 1986; Блинова, 2007; Михайлова, 2019]. Наиболее распространённые виды красных водорослей — это *Ceramium deslongchampsii*, *C. vizgatum (rubrum)*, *Chondrus crispus*, *C. truncates*, *Dumontia contorta*, *Fimbrifolium clichotomum*, *Odonthalia dentate*, *Palmaria palmata*, *Polyides rotunda*, *Polysiphonia fucooides*, *Ptilota serrata*, *Rhodomela confervoides*, *Phycodrys rubens*, *Halosaccion ramentaceum*.

Проведённые в 2020 г. исследования санитарно-гигиенического состояния красных водорослей, собранных на литорали Белого моря, таких как *F. clichotomum*, *C. vizgatum (rubrum)*, *Coccotylus truncates*, *A. plicata*, *O. dentate*, *P. serrata (pectinata)*, *P. fucooides*, *C. crispus*, *D. contorta*, *R. confervoides* показали, что все они

по микробиологическим показателям соответствуют требованиям ТР ЕАЭС 040/2016 (КМАФАНМ $<1,5 \cdot 10^1$ КОЕ/г; БГКП (колиформы) в 1,0 г). Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонеллы, в 25 г не обнаружены; плесени $<1,0 \cdot 10^1$ КОЕ/г). В связи с этим по микробиологическим показателям они признаны безопасными и могут быть использованы при производстве продукции, в том числе пищевой и фармацевтической [Игнатова, Подкорытова, 2021]. Однако анализ содержания токсичных элементов в 6 образцах, из общего количества исследуемых красных водорослей, показал некоторое превышение допустимых концентраций (ПДК) по мышьяку и свинцу, также отмечено превышение ртути для двух образцов водорослей (табл. 2).

Водоросли были заготовлены в прибрежной зоне Соловецких островов, в экосистеме которой, как показали исследования, содержание тяжёлых металлов находится на фоновом уровне [Чернова, Левицкий, 2019]. Вероятно, что количественное содержание этих элементов в водорослях связано с различием у них концентрационных функций, которые, в свою очередь, зависят от таксономической принадлежности объектов исследований [Золотухина, Гавриленко, 1989; Христофорова, Чернова, 2005]. Для удаления избытка свинца, кадмия и ртути из водорослей обычно применяют их дополнительную обработку, например, водными растворами минеральных и органических кислот (соляная, серная, уксусная, лимонная), концентрация которых 0,5–1,0%. Затем их промывают водой до нейтрального pH промывных вод. Для удаления избытка неорганических форм мышьяка водоросли тщательно промывают водой или слабыми растворами щелочей (NaHCO_3 , NaOH , $(\text{CaOH})_2$), как это принято делать в технологии агара [Кизеветтер и др., 1981]. При обнару-

жении токсичных элементов, таких как кадмий, ртуть и др., было рекомендовано: водоросли, добываемые в прибрежных зонах Чёрного моря, для удаления из них токсикантов, дополнительно обрабатывать в слабощелочных растворах и промывать водой [Подкорытова, Вафина, 2013].

Исследование химического состава красных водорослей Белого моря показали, что их основные компоненты – это углеводы (44,3–71,0%), в том числе сульфатированные полисахариды 29,6–58,2%, клетчатка 3–15%. Изменчивость в содержании углеводов в значительной степени зависит от вида водоросли. Содержание белка в них изменяется в диапазоне от 10 до 25% (табл. 3).

В ранее опубликованной работе [Игнатова, Подкорытова, 2021] представлены химико-технологические характеристики непромысловых красных водорослей *Coccolytus truncates*, *Odonthalia dentate*, *Ptilota serrata (pectinata)*, которые отражают количественный химический состав коммерчески важных БАВ. На основании полученных данных рекомендовано их использовать для получения водорастворимых полисахаридов – сульфатированных галактанов, комплекса аминокислот, клетчатки. При обнаружении превышения по содержанию свинца, мышьяка и других токсических веществ в водорослях при их переработке рекомендовано применять предварительные технологические процессы, позволяющие снизить их количество до ПДК и получить из них безопасную продукцию.

Кроме того, красные водоросли и экстракты, полученные из них, содержат комплекс растворимых в воде и спирте биологически активных веществ, таких как низкомолекулярные углеводы, полифенолы,

Таблица 2. Содержание токсичных элементов в красных водорослях, собранных на литорали Белого моря в период с 3 по 12 июня 2019 г., мг/кг

Table 2. The content of toxic elements in Red Algae collected in the littoral of the White Sea in the period from 3 to 12 June 2019, mg/kg

Наименование вида водоросли	Наименование показателя			
	Свинец	Мышьяк	Кадмий	Ртуть
<i>A. plicata</i>	1,46	13,03	0,14	0,03
<i>O. dentate</i> *	0,38	6,17	0,1	0,01
<i>P. serrata (pectinata)</i> *	1,51	15,26	0,27	0,04
<i>C. crispus</i>	0,97	6,94	0,05	1,13
<i>D. contorta</i>	0,46	4,19	<0,00048	0,48
<i>R. confervoides</i>	2,69	5,42	0,55	<0,0036
Допустимый уровень по ТР ТС 021/2011	0,5	5,0	1,0	0,1

Примечание: * – Данные из [Игнатова, Подкорытова, 2021].

Таблица 3. Химический состав красных водорослей, собранных на литорали Белого моря в период с 3 по 12 июня 2019 г.
Table 3. Chemical composition of Red Algae collected in the littoral of the White Sea in the period from 3 to 12 June 2019

Наименование вида водоросли	Содержание веществ, % на сух. в-во					
	минеральных	органических	белка	сумма углеводов	в том числе	
					клетчатка	сульфатированные полисахариды
<i>A. plicata</i>	12,24	87,76	16,80	71,00	14,14	56,85
<i>O. dentate*</i>	23,79	76,21	17,30	58,92	8,72	50,20
<i>P. serrata*</i>	33,38	66,62	20,20	46,43	12,16	34,27
<i>P. serrata + P. plumosa (gunneri)</i>	26,79	73,21	20,20	53,04	13,30	39,74
<i>C. crispus</i>	26,95	73,05	12,13	60,92	3,00	58,20
<i>D. contorta</i>	31,11	68,89	10,10	58,82	8,23	50,59
<i>R. confervoides</i>	36,86	63,14	15,80	47,34	13,64	34,00
<i>F. clichtotomum</i>	32,05	67,95	13,03	54,92	7,33	47,59
<i>C. vizgatium (rubrum)</i>	38,52	61,48	17,20	44,31	15,00	29,60
<i>C. truncates*</i>	24,19	75,81	25,04	50,77	10,96	39,81

Примечание: * – Данные из [Игнатова, Подкорытова, 2021].

пигменты, алкалоиды, терпеноиды, лектины, витамины, полярные липиды, стеролы и др.

Экстракция БАВ из красных водорослей. При получении БАВ из красных водорослей применяют в качестве экстрагентов воду, спирт этиловый, метанол, хлороформ, ди-, трихлорметан, петролейный эфир, ацетон, а также их смеси в различных соотношениях и концентрациях. При этом используют свежесобраные, замороженные, а также сушёные водоросли. Соотношение водоросль:экстрагент изменяют в интервале от 1:2 до 1:50 в зависимости от способа обработки водорослей. Экстракцию проводят при температуре 20–25 °С в течение 2 ч, а иногда сутки и более [Fard et al., 2011; De Almeida et al., 2011; Jeyanthi et al., 2012].

В связи с этим БАВ из *A. plicata*, *P. fucooides*, *P. rotunda*, а также из смесей, состоящих из *A. plicata* и *P. fucooides*, были экстрагированы этанолом различной концентрации. Для получения экстрактов использовали водоросли как сушёные, так и свежесобраные. Для экстракции БАВ применяли также альтернативный метод сверхкритической экстракции жидким диоксидом углерода (СК-СО₂) [Букеева, Кудайбергенова, 2012; Цихмейстер, Гумеров, 2012]. Экстракты из сушёных красных водорослей *A. plicata* и *P. fucooides* выглядели следующим образом: спиртовые – это прозрачные жидкости зелёного и коричневого цвета; СК-СО₂ – тёмно-коричневая вязкая маслянистая масса. Растворы СК-СО₂ экстрактов в 96%-ном спирте были

прозрачные жёлтого и зелёного цвета [Игнатова, Подкорытова, 2021].

Исследования антимикробного действия экстрактов, полученных из смеси водорослей *A. plicata* и *P. fucooides*, аналогичных природной, а также из чистой *A. plicata* показали, что антимикробным действием они не обладали в отношении штаммов *S. aureus* «Виотко» и *L. monocytogenes* 766. Для концентрированного спиртового экстракта, полученного из свежесобраной *P. fucooides*, была установлена антимикробная активность в отношении именно этих штаммов. Таким образом, было установлено, что концентрированные спиртовые экстракты из *P. fucooides* обладают узконаправленным антимикробным действием [Игнатова, Подкорытова, 2021].

На основании этих исследований было показано, что для получения биологически активного экстракта (БАЭ) необходимо проводить разделение природной смеси водорослей *A. plicata* и *P. fucooides*, находящихся в естественных зарослях и штормовых выбросах прибрежных зон Белого моря. Разделение рекомендовано проводить по видам и направлять *A. plicata* на производство агара, а *P. fucooides* – на получение экстракта с антимикробным действием. При этом было установлено, что сушёные водоросли, как и свежие, пригодны к использованию в качестве сырья для получения БАЭ [Ignatova, Podkorytova, 2021; Игнатова и др., 2021].

Известно, что *Listeria monocytogenes* является причиной одной из наиболее тяжёлых пищевых инфек-

ций, для которой летальность может достигать 30%. При заражении *L. monocytogenes* происходит поражение центральной нервной системы человека. Группой риска являются новорождённые, беременные, пожилые люди, онкологические больные, ВИЧ-инфицированные и пациенты с трансплантацией органов [*Listeria monocytogenes*³]. *Staphylococcus aureus* самый распространённый микроорганизм в этиологии внутри- и внебольничных инфекций. Устойчивость *S. aureus* к антибиотикам является мировой проблемой. Так в стационарах России в 2015–2018 гг. *S. aureus* был причиной 8,9% инфекций. Данный вид инфекции занимает пятое место в структуре возбудителей нозокомиальных инфекций. Наиболее частыми патологиями являются инфекции кожи и мягких тканей (35,2%), дыхательной системы (30,2%), костей и суставов (12,7%), кровотока (12,7%). Вызванные *S. aureus* заболевания характеризуются высоким уровнем летальности [*Staphylococcus aureus*⁴]. В связи с этим спиртовые экстракты, полученные из *P. fucooides*, могут быть эффективной основой для создания препаратов, обладающих противостафилококковым и противостериозным действием.

В табл. 4 представлена химико-технологическая характеристика экстрактов, полученных из *P. fucooides* и *A. plicata*, собранных в июле и октябре на литорали Белого моря [Игнатова, Подкорытова, 2021].

Кроме белка, минеральных веществ и углеводов в спиртовых экстрактах из водорослей содержатся липиды [Хотимченко, 2003]. В научной литературе антимикробную активность некоторых экстрактов из

водорослей связывают с наличием в них жирных кислот (ЖК) [Shanab, 2007; Mendes et al., 2013; Alves et al., 2020].

В результате сравнения жирнокислотного состава (ЖКС) липидов спиртовых экстрактов из свежих водорослей, заготовленных в июле и октябре, установлено, что содержание полиненасыщенных жирных кислот в два раза больше в экстракте, полученном из осенних водорослей (табл. 4). Также для этого экстракта отмечено более низкое содержание насыщенных и мононенасыщенных жирных кислот и отсутствие линолевой, альфа-линоленовой и эруковой кислот. Для липидов спиртового экстракта, полученного из свежей июльской *P. fucooides*, доминирующими ЖК являются пальмитиновая (41,7%) и эйкозапентаеновая (28,0%), а для октябрьской *P. fucooides* – эйкозапентаеновая (53,1%) и пальмитиновая (28,1%). Было установлено, что в процессе роста *P. fucooides* с июля по октябрь накапливается эйкозапентаеновая и снижается содержание пальмитиновой ЖК [Игнатова, Podkorytova, 2021; Игнатова и др., 2021].

Анализ фракционного состава липидов спиртового экстракта из *P. fucooides*, собранной в июле, показал, что они состоят из фосфолипидов и диглицеридов в равных количествах. В липидах сушёной *P. fucooides*, выделенных методом Сокслета прямым экстрагированием эфиром, содержатся гондоиновая, эйкозадиеновая, стеариновая, докозагексаеновая жирные кислоты, а в спиртовых экстрактах данные ЖК отсутствуют. Вероятно, эти ЖК входят в состав триглицеридов, которые не экстрагируются полярными растворителями.

Таблица 4. Химический состав и выход концентрированных экстрактов, полученных из красных водорослей, собранных на литорали Белого моря в июле и октябре 2020 г. [Игнатова и др., 2021]

Table 4. Chemical composition and yield of concentrated extracts obtained from Red Algae collected in the White Sea littoral in July and October 2020 [Ignatova et al., 2021]

Наименование показателя	Единицы измерения показателя	Наименование водоросли				
		<i>P. fucooides</i> (свежие, июль)	<i>P. fucooides</i> (свежие, октябрь)	<i>P. fucooides</i> (сушеные, июль)	<i>A. plicata</i>	<i>P. fucooides</i>
		Тип экстракта				
		спиртовый			СК-СО ₂	
Сухие вещества	%	1,3	1,4	1,6	85,9	78,9
Минеральные вещества	% сух. в-ва	31,39	25,24	44,29	не обн.	не обн.
Белок (N _{общ} ×6,25)	% сух. в-ва	11,54	10,71	4,88	не опр.	не опр.
Выход сухого вещества*	%	2,4	2,3	14,3	3,1	2,0

Примечание: не обн. – не обнаружено; не опр. – не определяли; * – выход сухого вещества – количество сухого вещества, извлекаемого экстрагентом из 100 г водоросли, выраженного в %.

³ <https://amrbook.ru/organisms/15> 11.07.2022.

⁴ <https://amrbook.ru/organisms/5> 11.07.2022.

В состав триглицеридов, по-видимому, входят часть олеиновой, линолевой, альфа-линоленовой, арахидо-

новой, миристиновой и эруковой ЖК. Для спиртового экстракта, полученного из сушеной *P. fucooides*, доминирующими являются пальмитиновая (34,25%), пальмитолеиновая (29,0%) и эйкозапентаеновая (31,67%) ЖК. В процессе экстрагирования сушеной *P. fucooides* этиловым спиртом в экстракт не переходят липиды, содержащие стеариновую, олеиновую, линолевою, альфа-линоленовую, гондоиновую, эйкозадиеновую, арахидоновую, эруковую, докозагексаеновую ЖК. При сравнении жирнокислотного состава липидов спиртовых экстрактов, полученных из свежей и сушеной *P. fucooides* установлено, что из свежих водорослей извлекаются липиды, в состав которых входят олеиновая, линолевая, альфа-линоленовая, арахидоновая, эруковая ЖК. Распределение насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот липидов в спиртовом экстракте из сушеных водорослей составляет 39,4; 29,0; 31,7%, соответственно.

Анализ жирнокислотного состава липидов СК-СО₂ экстракта из *P. fucooides* показал, что в нём доминируют олеиновая, линолевая и пальмитиновая кислоты. Однако эти ЖК не являются преобладающими в исходных исследуемых водорослях, что, вероятно, связано с селективностью данного способа экстракции. Для липидов СК-СО₂ *A. plicata* доминирующими являются олеиновая, линолевая и альфа-линоленовая кислоты [Игнатова и др., 2021].

Известно, что жирные кислоты — линолевая, линоленовая, олеиновая и арахидоновая относятся к витаминоподобным веществам и объединяются единым термином витамин F [Биохимия витаминов].⁵ Более высокое содержание этих ЖК было отмечено в липидах СК-СО₂ экстрактов по сравнению со спиртовыми. В связи с этим, целесообразно использовать СК-СО₂ экстракты в качестве источника витамина F, который широко применяется для изготовления фармацевтических продуктов, а также косметических, предназначенных для ухода за кожей, ногтями и волосами.

Липиды СК-СО₂ экстрактов, полученных из *P. fucooides* и *A. plicata* представлены ненасыщенными ЖК на 82–89%, при этом 52–69% от общего содержания ЖК приходится на полиненасыщенные ЖК. Было также отмечено, что в спиртовых экстрактах преобладают ЖК из семейства омега-3, а для СК-СО₂ экстрактов доминируют омега-6 и омега-9 ЖК [Игнатова и др., 2021]. Хорошо выраженная антимикробная активность спиртовых экстрактов из *P. fucooides* очевидно объясняется наличием таких ЖК как пальмитиновая и пальмитолеиновая, содержание которых превалирует в липидах этих экстрактов. Эти результаты со-

гласуются с данными, полученными другими учёными при исследовании экстрактов из *Laurencia papillosa*, *Ceramium rubrum*, *Gracilaria vermiculophylla* [Shanab, 2007; Mendes et al., 2013; Alves et al., 2020, Bansemir et al., 2004; Cortés et al., 2014]. Выдвинутое предположение было подтверждено также жирнокислотным составом липидов СК-СО₂ экстрактов из *A. plicata*, в котором отмечено низкое содержание пальмитиновой и пальмитолеиновой ЖК по сравнению с липидами, обнаруженными в других экстрактах из *P. fucooides* при одновременном отсутствии антимикробных свойств в отношении культур *L. monocytogenes* и *S. aureus*. В СК-СО₂ экстракте из *P. fucooides* содержание пальмитиновой кислоты в 2,5–3,5 раза меньше по сравнению со спиртовыми экстрактами из этой же водоросли, что, вероятно, и определяет наличие антимикробных свойств только в отношении *L. monocytogenes*. Исследование изменений антимикробных свойств спиртовых экстрактов показали, что коэффициент лизиса концентрированного спиртового экстракта, полученного из свежей *P. fucooides*, практически не меняется в течение 12 месяцев хранения при температуре 3±2 °С для культур *L. monocytogenes* и *S. aureus* и составляет в среднем 1,3–1,6.

В работе Игнатовой Т.А. с соавторами [2021] были представлены данные по получению экстракта с использованием соотношений водоросли: экстрагент 1:50 и 1:32. Снижение количества экстрагента при получении экстракта в 1,6 раза позволило повысить коэффициент лизиса с 1,1 до 1,6 в отношении *L. monocytogenes* и с 1,1 до 1,7 в отношении *S. aureus*, что составило 45–55% от исходного значения. Очевидно, что повышение коэффициента лизиса определяется более высокой концентрацией БАВ в экстрактах, полученных при соотношении водоросли: экстрагент 1:32. Для получения экстракта, обладающего антимикробной активностью в отношении *S. aureus*, был применён этанол, с концентрацией от 60 до 96%, метанол, смеси хлороформ-этанол, хлороформ-метанол-вода, в отношении *L. monocytogenes* применены те же самые растворители, а также смеси хлороформ-метанол. Авторы отмечают, что для экстрактов, полученных с использованием смеси хлороформ-метанол, антимикробная активность против *L. monocytogenes* снижалась с увеличением доли хлороформа в смеси. Для смесей хлороформ-этанол данной зависимости, как в отношении *L. monocytogenes*, так и в отношении *S. aureus* выявлено не было. При этом изменение соотношения хлороформ-этанол в смеси практически не повлияло на коэффициент лизиса. Наибольшей антибактериальной активностью против *L. monocytogenes* и *S. aureus* обладали экстракты, полученные с исполь-

⁵ <https://www.vsavm.by/wp-content/uploads/2013/12/Biohimiya- vitaminov.pdf> 11.07.2022.

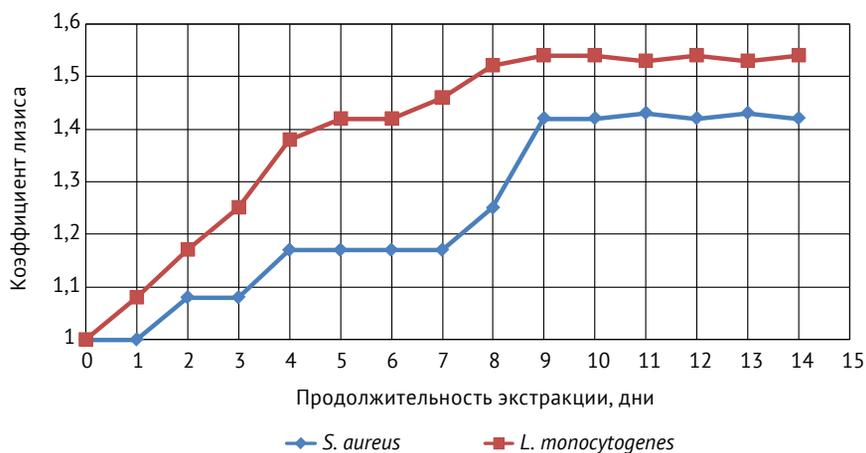


Рис. 2. Изменение коэффициента лизиса спиртового экстракта из красных водорослей в зависимости от продолжительности экстракции [Игнатова и др., 2021]

Примечание: * Лизис – растворение, разрушение клеток, в т. ч. микроорганизмов, под влиянием различных агентов, напр., ферментов, бактериолизин, бактериофагов, антибиотиков.

Fig. 2. Change in the lysis coefficient of alcoholic extract from Red Algae depending on the duration of extraction [Ignatova et al., 2021]

Note: *Lysis – dissolution, destruction of cells, including microorganisms, under the influence of various agents, for example, enzymes, bacteriolysis, bacteriophages, antibiotics.

зованием 70%-ного этанола (коэффициент лизиса 1,5 и 2,2, соответственно), продолжительность экстракции 9 суток в условиях проведения процесса при температуре не выше 22 °С без доступа света (рис. 2).

Результаты исследований показали, что полученный экстракт может быть использован при создании продуктов для лечения и профилактики листериоза и заболеваний, вызванных *S. aureus* [Игнатова и др., 2021].

Таким образом, красные водоросли-макрофиты Белого моря, обладающие высоким фармацевтическим и лечебно-профилактическим потенциалом, являются неиссякаемой сырьевой базой для получения на их основе биологически активных веществ (БАВ), лекарственных, медицинских и фармацевтических средств, которые могут быть использованы для лечебно-профилактических целей или ликвидации многих заболеваний.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Морские красные водоросли (Rhodophyta) на протяжении многих десятков лет рассматриваются как источники гелеобразующих полисахаридов и высокоактивных БАВ, положительно влияющих на здоровье человека. Показано, что в состав красных водорослей входят биологически активные вещества различной химической природы – вторичные метаболиты, обладающие противоопухолевым, антибактериальным, антивирусным, противовоспалительным, иммуностимулирующим и др. действиями.

Наиболее распространёнными вторичными метаболитами красных водорослей являются бромфенолы, причём, большинство из них имеют, по крайней мере, одну катехиновую группу (флавоноиды). Биологический потенциал большинства вторичных метаболитов достаточно описан в литературе, поскольку хорошо известна их антиоксидантная, противоопухолевая, антимикробная и противодиабетическая активность. В связи с этим ожидается, что некоторые из этих соединений могут быть использованы в будущем для разработки лекарственных средств.

Представлены новые данные о биологической активности спиртовых экстрактов из красной водоросли *P. fucooides*, произрастающей в Белом море России. Установлено, что экстракты из *P. fucooides* обладают антимикробной активностью в отношении культур *S. aureus* «Виотко» и *L. monocytogenes* 766, а СК-СО₂ экстракты из *P. fucooides* – против *L. monocytogenes*. Сухую субстанцию спиртового экстракта из *P. fucooides* рекомендовано использовать в качестве компонента для создания антимикробных средств в процессе производства продуктов медицинского назначения, а также для лечения листериоза и заболеваний, вызванных *S. aureus*.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы были соблюдены.

Финансирование

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

ЛИТЕРАТУРА

- Блинова Е.И. 2007. Водоросли-макрофиты и травы морей европейской части России (флора, распространение, биология, запасы, марикультура). М.: Изд-во ВНИРО. 114 с.
- Букеева А.Б., Кудайбергенова С.Ж. 2012. Обзор современных методов выделения биоактивных веществ из растений // Вестник ЕНУ им. Л.Н. Гумилева. № 2. С. 192–197.
- Виноградова К.Л. 1986. Роды *Chaetomorpha* Kutz и *Rhizoclonium* Kutz. (Siphonocladales) в северных морях СССР // Новости систематики низших растений. Т. 23. С. 13–25.
- Возжинская В.Б. 1986. Донные макрофиты Белого моря М.: Наука. 192 с.
- Глубоковский М.К., Тарасюк С.Н., Зверькова Л.М., Семеняк Л.В., Мурзов Н.Н., Петрова Н.В., Бражник С.Ю., Скакун В.А. 2012. Сырьевая база российского рыболовства в 2012 году: Районы российской юрисдикции // Справочник-аналитические материалы. М.: Изд-во ВНИРО. С. 332–333.
- Ермак И.М., Хотимченко С.Ю. 1997. Физико-химические свойства, применение и биологическая активность каррагинана — полисахарида красных водорослей // Биология моря. Т. 23. № 3. С. 129–142.
- Зинова А.Д. 1950. О некоторых особенностях флоры Белого моря // Труды ВГБО. Т. 2. С. 231–252.
- Зинова А.Д. 1962. К вопросу о фитогеографическом (зональном) районировании прибрежной полосы Мирового океана // Тез. докл. Комиссия по рыбохозяйственному исследованию западной части Тихого океана: конф. по совмест. исслед. флоры и фауны: Л.: Зоологический ин-т АН СССР. 11 с.
- Золотухина Е.Ю., Гавриленко Е.Е. 1989. Тяжёлые металлы в водных растениях. Аккумуляция и токсичность // Науч. докл. Высшей Школы. Биол. Науки. № 9. С. 93–106.
- Игнатова Т.А., Подкорытова А.В. 2021. Химико-технологические характеристики красных водорослей северного рыбохозяйственного бассейна // II Межд. науч.-практ. конф. «Инновационные направления интеграции науки, образования и производства». Керчь. С. 227–230.
- Игнатова Т.А., Подкорытова А.В., Баскакова Ю.А., Мулянова М.П. 2021. Новые данные о биологической активности экстрактов из красных водорослей (Rhodophyceae) и способах их получения // Мат. IX Межд. Балтийского морского форума. Том 4. X Юбилейная Межд. науч.-практ. конф. «Пищевая и морская биотехнология». Калининград: БГАРФ. С. 40–49.
- Кизеветтер И.В., Суховеева М.В., Шмелькова Л.П. 1981. Морские водоросли и травы дальневосточных морей. М.: Пищ. пром-ть. 113 с.
- Кизеветтер И.В., Грюнер В.С., Евтушенко В.А. 1967. Переработка морских водорослей и других промысловых водных растений. М.: Пищ. пром-ть. 407 с.
- Михайлова Т.А. 2019. Растительность пояса красных водорослей Белого моря (Европейская Арктика, Россия) // Новости систематики низших растений № 53(1). С. 39–65.
- Назарова И.В., Шевченко Н.М., Ковалев Б.М., Хотимченко Ю.С. 1998. Иммуномодулирующие свойства полисахаридов из красных водорослей: влияние на систему комплемента // Биология моря. Т. 24. № 1. С. 49–52.
- Писарева Н.А., Клочкова Н.Г. 2013. Краткий обзор современной систематики красных водорослей // Вестник КГТУ. № 23. С. 64–72.
- Подкорытова А.В., Вафина Л.Х. 2013. Химический состав бурых водорослей Чёрного моря: род *Cystoseira*, перспектива их использования // Труды ВНИРО. Т. 150. С. 100–107.
- Подкорытова А.В., Игнатова Т.А., Бурова Н.В., Усов А.И. 2019. Перспективные направления рационального использования промысловых красных водорослей рода *Ahnfeltia*, добываемых в прибрежных зонах морей России // Труды ВНИРО. Т. 176. С. 14–26.
- Синович А.Д., Павлов Г.П. 1998. Фенолы // Химическая энциклопедия: в 5 т / Зефилов Н.С. (гл. ред.). Т. 5. М.: Большая Российская энциклопедия. 783 с.
- Хотимченко С.В. 2003. Липиды морских водорослей — макрофитов и трав. Структура, распределение, анализ. Владивосток: Дальнаука. 230 с.
- Христофорова Н.К., Чернова Е.Н. 2005. Сравнение содержания тяжёлых металлов в бурых водорослях и морских травах // Доклады РАН. Т. 400. № 4. С. 571–573.
- Цихмейстр Е.В., Гумеров Ф.М. 2012. Применение суб- и сверхкритических флюидов в экстракционных процессах // Вестник Казанского технологического университета. № 10. С. 98–99.
- Чернова В.Г., Левицкий А.Л. 2019. Содержание тяжёлых металлов в прибрежной экосистеме Соловецких островов Белого моря // Мат. II Нац. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы биоразнообразия и природопользования». Симферополь: Ариал. С. 238–244.
- Alkhalaf M.I. 2020. Chemical composition, antioxidant, anti-inflammatory and cytotoxic effects of *Chondrus crispus* species of red algae collected from the Red Sea along the shores of Jeddah city // J. of King Saud University Science. P. 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2020.10.007>
- Allmendinger A., Spavieri J., Kaiser M., Casey R., Hingley-Wilson S., Lavani A., Guiry M., Blunden G., Tasdemir D. 2010. Antiprotozoal, antimycobacterial and cytotoxic potential of twenty-three British and Irish red algae // Phytother. Res. № 24. P. 1099–1103. DOI: 10.1002/ptr.3094.
- Alves E., Dias M., Lopes D., Almeida A., Domingues M. do R., Rey F. 2020. Antibiotics (Basel). Antimicrobial Lipids from Plants and Marine Organisms // An Overview of the Current State-of-the-Art and Future Prospects. № 9, 441. P. 1–88. DOI: 10.3390/antibiotics9080441.
- Bansemir A., Blume M., Schröder S., Lindequist U. 2006. Screening of cultivated seaweeds for antibacterial activity against fish pathogenic bacteria // Aquaculture. № 252. P. 79–84. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.11.051>.
- Bansemir A., Just N., Michalik M., Lindequist U., Lalk M. 2004. Extracts and sesquiterpene derivatives from the red alga *Laurencia chondrioides* with antibacterial activity against fish and human pathogenic bacteria // Chem. Biodiv. 1(3). P. 463–7. DOI: 10.1002/cbdv.200490039.
- Barroso N., Rodriguez M. 1996. Action of β -phenylethylamine and related amines on nigrostriatal dopamine neurotransmission // Eur. J. pharmacol. № 297. P. 195–203. DOI: 10.1016/0014-2999(95)00757-1.
- Chen H.M., Zheng L., Yan X.J. 2005. The Preparation and Bioactivity Research of Agaro-Oligosaccharides Agaro-Bioactivity Research

- of Oligosaccharides // Food Technol. Biotechnol. № 43 (1). P. 29–36.
- Chen H.M., Yan X., Zhu P., Jing L. 2006. Antioxidant activity and hepatoprotective potential of agaro-oligosaccharides *in vitro* and *in vivo* // Nutrition Journal. V. 5. № 31. P. 1–12.
- Cortés Y., Hormazábal E., Leal H., Urzúa A., Mutis A., Parra L., Quiroz A. 2014. Novel antimicrobial activity of a dichloromethane extract obtained from red seaweed *Ceramium rubrum* (Hudson) (Rhodophyta: Florideophyceae) against *Yersinia ruckeri* and *Saprolegnia parasitica*, agents that cause diseases in salmonids // Electronic J. of Biotechnology. № 17. P. 126–131. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2014.04.005>.
- DaYong S., Feng X., Juan H., Jing L., Xiao F., Li Jun Han Shi D., Xu F., He J., Li J., Fan X., Han L. 2008. Inhibition of bromophenols against ptp1b and antihyperglycemic effect of *Rhodomela confervoides* extract in diabetic rats // Sci. Bull. № 53. P. 2476–2479. DOI:10.1007/s11434-008-0353-y.
- De Almeida C.L.F., De S. Falcao H., De M. Lima G.R., De A. Montenegro C., Lira N.S., De Athayde-Filho P.F., Rodrigues L.C., De Souza M. de F. V., Barbosa-Filho J.M., Batista L.M. 2011. Bioactivities from Marine Algae of the Genus *Gracilaria* // Int. J. Mol. Sci. № 12. P. 4550–4573. doi: 10.3390/ijms12074550.
- Dubber D., Harder T. 2008. Extracts of *Ceramium rubrum*, *Mastocarpus stellatus* and *Laminaria digitata* inhibit growth of marine and fish pathogenic bacteria at ecologically realistic concentrations // Aquaculture. № 274. P. 196–200. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.11.029>.
- Enoki T., Sagawa H., Tominaga T., Nishiyama E., Koyama N., Sakai T., Yu F.G., Ikai K., Kato I. 2003. Drugs, foods or drinks with the use of algae-derived physiologically active substances // US Patent 0105029 A1. P. 1–5.
- Fard S.G., Tan R., Ajwad Awad Mohammed, Goh Yong Meng, Sharifah Kharidah Syed Muhamad, Karim Alwan AL-Jashamy, Suhaila Mohamed. 2011. Wound healing properties of *Eucheuma cottonii* extracts in Sprague-Dawley rats // J. of Medicinal Plants Research. V. 5(27). P. 6373–6380. DOI:10.5897/JMPR10.902.
- Flodin C., Whitfield F.B. 2000. Brominated anisols and crecols in the red alga *Polysiphonia sphaerocarpa* // Photochemistry. V.53, № 1. P. 77–80. DOI: 10.1016/s0031-9422(99)00429-x.
- Gamal Ali A. El. 2010. Biological importance of marine algae // Saudi Pharmaceutical Journal. 18. P. 1–25. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2009.12.001>
- Güner A., Ülkü Karabay Yavaşoğlu N. 2018. Evaluation of Antioxidant, Antimicrobial and Antimutagenic Activity with Irritation Effects of *Ceramium rubrum* (Red Algae) Extract // International J. of Secondary Metabolite. V. 5. № 4. P. 279–287. DOI:10.21448/ijsm.432654.
- Güven K.C., Percot A., Sezik E. 2010. Alkaloids in Marine Algae // Mar. Drugs. 8. P. 269–284. DOI: 10.3390/md8020269.
- Güven K.C., Bora A., Sunam G. 1969. Alkaloid content of marine algae. I. Hordenine from *Phyllophora nervosa* // Eczacılık Bul. № 11. P. 177–184.
- Hapke H.J., Strathmann W. 1995. Pharmacological effects of hordenine // Deutsche tierärztliche Wochenschrift. № 102. P. 228–232.
- Ignatova T.A., Podkorytova A.V. 2021. Red alga *Polysiphonia fucoides* growing in community with *Ahnfeltia plicata*, its influence on the yield and quality of agar // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 848. P. 1–6. doi:10.1088/1755-1315/848/1/012206.
- Ira A. Levine, Dinabandhu Sahoo. 2010. Porphyra. Harvesting Gold from the Sea. I.K. International Publishing House. 92 p.
- Ireland C.M., Copp B.R., Foster M.P., McDonald L.A., Radisky D.C., Swersey C. 1993. Biomedical potential of marine natural products // Pharmaceutical and Bioactive Natural Products Attaway DH, Zaborsky OR (eds). Plenum Publishing Corporation: NewYork. P. 1–37. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2391-2_1
- Islam M.R., Mikami D., Kurihara H. 2017. Two new algal bromophenols from *Odonthalia corymbifera* // Tetrahedron Lett. № 58. P. 4119–4121. DOI: 10.1021/np980324p.
- Jeyanthi R.L., Dhanalakshmi V., Shekhar C. 2012. Antibacterial activity of *Sargassum illicifolium* and *Kappaphycus alvarezii* // J. of Chemical and Pharmaceutical Research. № 4(1). P. 700–705.
- Jesus A., Correia-da-Silva M., Afonso C., Pinto M., Cidade H. 2018. Isolation and Potential Biological Applications of Haloaryl Secondary Metabolites from Macroalgae // Mar. Drugs 2019, 17, 73; doi:10.3390/md17020073
- Kim S.Y., Kim S.R., Oh M.J., Jung, S.J., Kang S.Y. 2011. In vitro antiviral activity of red alga, *Polysiphonia morrowii* extract and its bromophenols against fish pathogenic infectious hematopoietic necrosis virus and infectious pancreatic necrosis virus // J. Microbiol. № 49. P. 102–106. DOI: 10.1007/s12275-011-1035-z.
- Kneifel H., Meinicke M., Soeder Ç.J. 1977. Analysis of amines in algae by high performance liquid chromatography // J. Phycol. Vol. 13. P. 36.
- Kutscher G.W., Blumberg A. 1939. The use of pectin-agar mixtures in diarrhea // The American J. of Digestive Diseases. V. 6. P. 717–720.
- Lahaye, M., W. Yaphe, M.T. Phan Viet & C. Rochas. 1989.¹³C-N.M.R. spectroscopic investigation of methylated and charged agarose oligosaccharides and polysaccharides // Carbohydr. Res. 190: P. 249–265. [https://doi.org/10.1016/0008-6215\(89\)84129-1](https://doi.org/10.1016/0008-6215(89)84129-1).
- Lever J., Curtis G., Brkljača R., Urban S. 2019. Bromophenolics from the Red Alga *Polysiphonia decipiens* // Mar Drugs.;17(9):497. doi: 10.3390/md17090497.
- Li K., Li X.-M., Gloer J.B., Wang B.G. 2012. New nitrogen-containing bromophenols from the marine red alga *Rhodomela confervoides* and their radical scavenging activity // Food Chem. № 135. P. 868–872. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.05.117.
- Li K., Li X.M., Gloer, J.B., Wang B.G. 2011. Isolation, characterization, and antioxidant activity of bromophenols of the marine red alga *Rhodomela confervoides* // J. Agric. Food Chem. № 59. P. 9916–9921. DOI: 10.1021/jf2022447.
- Liu M., Hansen P.E., Lin X. 2011. Bromophenols in Marine Algae and Their Bioactivities // Mar. Drugs. № 9. P. 1273–1292; doi:10.3390/md9071273.
- Liu M., Wang G., Xiao L., Xu X., Liu X., Xu P., Lin X. 2014. Bis (2,3-di bromo-4,5-dihydroxybenzyl) ether, a marine algae derived bromophenol, inhibits the growth of botrytis cinerea and interacts with DNA molecules // Mar. Drugs. № 12. P. 3838–3851. DOI: 10.3390/md12073838.
- Mendes M., Pereira R., Sousa Pinto I., Carvalho A.P., Gomes A.M. 2013. Antimicrobial activity and lipid profile of seaweed extracts from the North Portuguese Coast // International Food Research Journal. 20(6). P. 3337–3345.
- Mikami D., Kurihara H., Kim S.M., Takahashi K. 2013. Red Algal Bromophenols as Glucose 6-Phosphate Dehydrogenase Inhibitors // Mar. Drugs. № 11. P. 4050–4057. DOI: 10.3390/md11104050.
- Mouritsen O.G., Rhatigan P., Pérez-Lloréns J.L. 2018. The rise of seaweed gastronomy: phycogastronomy // Botanica Marina. V.62. № 3. P. 195–209. <https://doi.org/10.1515/bot-2018-0041>.
- Percot A., Yalçın A., Aysel V., Erdugan H., Dural B., Güven K.C. 2009. β-Phenylethylamine content in marine algae around Turkish coasts // Bot. Mar. V. 52. P. 87–90. DOI:10.1515/BOT.2009.031.

- Sah R., Shankhadarwar S. 2020. Evaluation of red seaweed *Ahnfeltia plicata* (Hudson) fries from alibaug coast for its chemical composition and antioxidant activity // Sah. et al., J Adv Sci Res. № 11 (3). P. 134–140.
- Salvador N., Garreta A.G., Lavelli L., Ribera M.A. 2007. Antimicrobial activity of Iberian macroalgae // Sci. Mar. № 71. P. 101–113. DOI:10.3989/SCIMAR.2007.71N1101.
- Sampaio A.H., Rogers D.J., Barwell C.J., Saker-Sampaio S., Nascimento K.S., Nagano C.S., Farias W.R.L. 2002. New affinity procedure for the isolation and further characterization of the blood group B specific lectin from the red marine alga *Ptilota plumose* // J. of Applied Phycology. № 14. P. 489–495. DOI:10.1023/A:1022327010736.
- Shanab S.M. 2007. Antioxidant and antibiotic activities of some seaweeds (Egyptian isolates) // Int. J. Agric. Biol. Vol. 9. № 2. P. 220–225.
- Smit A.J. 2004. Medicinal and pharmaceutical uses of seaweed natural products: A review // J. Appl. Phycol. № 16. P. 245–262. DOI:10.1023/B:JAPH.0000047783.36600.ef.
- Vairappan C.S. 2003. Potent antibacterial activity of galogenated metabolites from Malaysian red alga *Laurencia majuscula* (Rhodomelaceae, Ceramiales) // Biomol. Eng. Vol. 20. № 4–6. P. 255–259. DOI: 10.1016/s1389-0344(03)00067-4.
- Xin Qi, Ge Liu, Lin Qiu, Xiukun Lin, Ming Liu 2015. Marine bromophenol bis(2,3-dibromo-4,5-dihydroxybenzyl) ether, represses angiogenesis in HUVEC cells and in zebrafish embryos via inhibiting the VEGF signal systems // Biomed. Pharmacother. № 75. P. 58–66. DOI: 10.1016/j.biopha.2015.08.033.
- Yalçın A., Percot A., Erdugan H., Coban B., Guven, K.C. 2007. Hordenine in marine alga, *Gelidium crinale* (Hare ex Turner) Gaillon // Acta. Pharm. Sci. № 49. P.213–218.
- Zheng W, Wise M.L., Wyrick A., Metz J.G., Yuan L., Gerwick W.H. 2002. Polyenoic fatty acid isomerise from the marine alga *Pilota filicina*: protein characterization and functional expression of the cloned cDNA // Arch Biochem Biophys. № 401. P. 11–20. DOI: 10.1016/S0003-9861(02)00002-4.
- Zinova A.D. 1962. On the issue of phytogeographic (zonal) zoning of the coastal strip of the World Ocean // Commission for Fishery Research of the Western Pacific: Conf. jointly research flora and fauna: Proceedings. report L.: Zool. Institute of the Academy of Sciences of the USSR. 11 p. (In Russ.).
- Zolotukhina E. Yu., Gavrilenko E.E. 1989. Heavy metals in aquatic plants. Accumulation and toxicity // Nauch. report Higher Schools. Biol. Science. No. 9. P.93–106. (In Russ.).
- Ignatova T.A., Podkorytova A.V. 2021. Chemical and technological characteristics of red algae of the northern fishery basin // II Intern. scient. and pract. conf. «Innovative directions of integration of science, education and production». Kerch. pp. 227–230. (In Russ.).
- Ignatova T.A., Podkorytova A.V., Baskakova Yu.A., Mulyanova M.P. 2021. New data on the biological activity of extracts from red algae (Rhodophyceae) and methods for their production // Proc. of the IX Intern. Baltic Sea Forum. V. 4. X Anniversary Internat. Scient. and Pract. Conf. «Food and Marine Biotechnology». Kaliningrad: BSARF Publish. pp. 40–49. (In Russ.).
- Kizevetter I.V., Sukhoveeva M.V., Shmelkova L.P. 1981. Seaweeds and grasses of the Far Eastern seas. Moscow: Food industry. 113 p. (In Russ.).
- Kizevetter I.V., Gruner V.S., Evtushenko V.A. 1967. Processing of seaweed and other commercial aquatic plants. Moscow: Food industry. 407 p. (In Russ.).
- Mikhailova T.A. 2019. Vegetation of the Red Algae Belt of the White Sea (European Arctic, Russia) // News of Systematics of Lower Plants No. 53(1). Pp. 39–65. (In Russ.).
- Nazarova I.V., Shevchenko N.M., Kovalev B.M., Khotimchenko Yu. S. 1998. Immunomodulatory properties of polysaccharides from red algae: influence on the complement system // Biology of the sea. T. 24. No. 1. P. 49–52. (In Russ.).
- Pisareva N.A., Klochkova N.G. 2013. Brief review of modern taxonomy of red algae // Bull. of the Kamchatka STU. No. 23. P. 64–72. (In Russ.).
- Podkorytova A.V., Vafina L. Kh. 2013. Chemical composition of brown algae of the Black Sea: the genus *Cystoseira*, the prospect of their use // Trudy VNIRO. V. 150. P. 100–107. (In Russ.).
- Podkorytova A.V., Ignatova T.A., Burova N.V., Usov A.I. 2019. Promising directions for the rational use of commercial red algae of the genus *Ahnfeltia*, harvested in the coastal zones of the Russian seas // Trudy VNIRO. V. 176. P. 14–26. (In Russ.).
- Sinovich A.D., Pavlov G.P. 1998. Phenols // Chemical Encyclopedia: in 5 volumes / Zefirov N.S. (chief editor). V. 5. Moscow: Great Russian Encyclopedia. 783 p. (In Russ.).
- Khotimchenko S.V. 2003. Lipids of marine macrophytic algae and grasses. Structure, distribution, analysis. Vladivostok: Dalnauka. 230 p. (In Russ.).
- Khristoforova N.K., Chernova E.N. 2005. Comparison of the content of heavy metals in brown algae and sea grasses // Reports of the Academy of Sciences. T. 400. No. 4. P. 571–573. (In Russ.).
- Tsikhmeistr E.V., Gumerov F.M. 2012. Application of sub- and supercritical fluids in extraction processes // Bulletin of the Kazan Technological University. No. 10. Pp. 98–99. (In Russ.).
- Chernova V.G., Levitsky A.L. 2019. The content of heavy metals in the coastal ecosystem of the Solovetsky Islands of the White Sea // Proc. of the II Nat. Scient. and Pract. Conf. Actual Probl. of Biodiversity and Nature Management. Simferopol: Arial. Pp. 238–244. (In Russ.).
- Alkhalaf M.I. 2020. Chemical composition, antioxidant, anti-inflammatory and cytotoxic effects of *Chondrus crispus* species of red algae collected from the Red Sea along the shores of Jeddah

REFERENCES

Blinova E.I. 2007. Algae-macrophytes and grasses of the Seas of the European part of Russia (flora, distribution, biology, reserves, mariculture). Moscow: VNIRO Publish. 114 p. (In Russ.).

Bukeeva A.B., Kudaibergenova S. Zh. 2012. Review of modern methods for isolating bioactive substances from plants // Vestnik ENU L.N. Gumilyov. No. 2. Pp. 192–197. (In Russ.).

Vinogradova K.L. 1986. The genera *Chaetomorpha* Kutz and *Rhizoclonium* Kutz. (Siphonocladales) in the northern seas of the USSR // News of taxonomy of lower plants. T. 23. P. 13–25. (In Russ.).

Vozzhinskaya V.B. 1986. Bottom macrophytes of the White Sea. Moscow: Nauka. 192 p. (In Russ.).

Glubokovsky M.K., S.N. Tarasyuk, L.M. Zver'kova, L.V. Semenyak, N.N. Murzov, N.V. Petrova, S. Yu. 2012. Raw material base of Russian fisheries in 2012: Areas of Russian jurisdiction // Reference and analytical materials. Moscow: VNIRO Publish. Pp. 332–333. (In Russ.).

Ermak I.M., Khotimchenko S. Yu. 1997. Physical and chemical properties, application and biological activity of carrageenan – a polysaccharide of red algae // Biology of the sea. T. 23. No. 3. Pp. 129–142.

Zinova A.D. 1950. About some features of the flora of the White Sea // Trudy All-Union. hydrobiol. society. T. 2. P. 231–252. (In Russ.).

- city // J. of King Saud University Science. P. 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2020.10.007>
- Allmendinger, A., Spavieri J., Kaiser M., Casey R., Hingley-Wilson S., Lalvani A., Guiry M., Blunden G., Tasdemir D. 2010. Antiprotozoal, antimycobacterial and cytotoxic potential of twenty-three British and Irish red algae // *Phytother. Res.* № 24. P. 1099–1103. DOI: 10.1002/ptr.3094.
- Alves E., Dias M., Lopes D., Almeida A., Domingues M. do R., Rey F. 2020. Antibiotics (Basel). Antimicrobial Lipids from Plants and Marine Organisms // An Overview of the Current State-of-the-Art and Future Prospects. № 9, 441. P. 1–88. DOI: 10.3390/antibiotics9080441.
- Bansemir A., Blume M., Schröder S., Lindequist U. 2006. Screening of cultivated seaweeds for antibacterial activity against fish pathogenic bacteria // *Aquaculture.* № 252. P. 79–84. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.11.051>.
- Bansemir A., Just N., Michalik M., Lindequist U., Lalk M. 2004. Extracts and sesquiterpene derivatives from the red alga *Laurencia chondrioides* with antibacterial activity against fish and human pathogenic bacteria // *Chem. Biodiv.* 1(3). P. 463–7. DOI: 10.1002/cbdv.200490039.
- Barroso N., Rodriguez M. 1996. Action of β -phenylethylamine and related amines on nigrostriatal dopamine neurotransmission // *Eur. J. pharmacol.* № 297. P. 195–203. DOI: 10.1016/0014-2999(95)00757-1.
- Chen H.M., Zheng L., Yan X.J. 2005. The Preparation and Bioactivity Research of Agar-Oligosaccharides // *Food Technol. Biotechnol.* № 43 (1). P. 29–36.
- Chen H.M., Yan X., Zhu P., Jing L. 2006. Antioxidant activity and hepatoprotective potential of agar-oligosaccharides *in vitro* and *in vivo* // *Nutrition Journal.* V. 5. № 31. P. 1–12.
- Cortés Y., Hormazábal E., Leal H., Urzúa A., Mutis A., Parra L., Quiroz A. 2014. Novel antimicrobial activity of a dichloromethane extract obtained from red seaweed *Ceramium rubrum* (Hudson) (Rhodophyta: Florideophyceae) against *Yersinia ruckeri* and *Saprolegnia parasitica*, agents that cause diseases in salmonids // *Electronic J. of Biotechnology.* № 17. P. 126–131. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2014.04.005>.
- DaYong S., Feng X., Juan H., Jing L., Xiao F., Li Jun Han Shi D., Xu F., He J., Li J., Fan X., Han L. 2008. Inhibition of bromophenols against ptp1b and antihyperglycemic effect of *Rhodomela confervoides* extract in diabetic rats // *Sci. Bull.* № 53. P. 2476–2479. DOI:10.1007/s11434-008-0353-y.
- De Almeida C.L.F., De S. Falcao H., De M. Lima G.R., De A. Montenegro C., Lira N.S., De Athayde-Filho P.F., Rodrigues L.C., De Souza M. de F.V., Barbosa-Filho J.M., Batista L.M. 2011. Bioactivities from Marine Algae of the Genus *Gracilaria* // *Int. J. Mol. Sci.* № 12. P. 4550–4573. doi: 10.3390/ijms12074550.
- Dubber D., Harder T. 2008. Extracts of *Ceramium rubrum*, *Mastocarpus stellatus* and *Laminaria digitata* inhibit growth of marine and fish pathogenic bacteria at ecologically realistic concentrations // *Aquaculture.* № 274. P. 196–200. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.11.029>.
- Enoki T., Sagawa H., Tominaga T., Nishiyama E., Koyama N., Sakai T., Yu F.G., Ikai K., Kato I. 2003. Drugs, foods or drinks with the use of algae-derived physiologically active substances // US Patent 0105029 A1. P. 1–5.
- Fard S.G., Tan R., Ajwad Awad Mohammed, Goh Yong Meng, Sharifah Khairidah Syed Muhamad, Karim Alwan AL-Jashamy, Suhaila Mohamed. 2011. Wound healing properties of *Euचेuma cottonii* extracts in Sprague-Dawley rats // *J. of Medicinal Plants Research.* V. 5(27). P. 6373–6380. DOI:10.5897/JMPR10.902.
- Flodin C., Whitfield F.B. 2000. Brominated anisols and crecols in the red alga *Polysiphonia sphaerocarpa* // *Photochemistry.* V.53, № 1. P. 77–80. DOI: 10.1016/S0031-9422(99)00429-x.
- Gamal Ali A. El. 2010. Biological importance of marine algae // *Saudi Pharmaceutical Journal.* 18. P. 1–25. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2009.12.001>
- Güner A., Ülkü Karabay Yavaşoğlu N. 2018. Evaluation of Antioxidant, Antimicrobial and Antimutagenic Activity with Irritation Effects of *Ceramium rubrum* (Red Algae) Extract // *International J. of Secondary Metabolite.* V. 5. № 4. P. 279–287. DOI:10.21448/ijsm.432654.
- Güven K.C., Percot A., Sezik E. 2010. Alkaloids in Marine Algae // *Mar. Drugs.* 8. P. 269–284. DOI: 10.3390/md8020269.
- Güven K.C., Bora A., Sunam G. 1969. Alkaloid content of marine algae. I. Hordenine from *Phyllophora nervosa* // *Eczacılık Bul.* № 11. P. 177–184.
- Hapke H.J., Strathmann W. 1995. Pharmacological effects of hordenine // *Deutsche tierärztliche Wochenschrift.* № 102. P. 228–232.
- Ignatova T.A., Podkorytova A.V. 2021. Red alga *Polysiphonia fucoides* growing in community with *Ahnfeltia plicata*, its influence on the yield and quality of agar // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 848. P. 1–6. doi:10.1088/1755-1315/848/1/012206.
- Ira A. Levine, Dinabandhu Sahoo. 2010. *Porphyra*. Harvesting Gold from the Sea. I.K. International Publishing House. 92 p.
- Ireland C.M., Copp B.R., Foster M.P., McDonald L.A., Radisky D.C., Swersey C. 1993. Biomedical potential of marine natural products // *Pharmaceutical and Bioactive Natural Products* Attaway DH, Zaborsky OR (eds). Plenum Publishing Corporation: NewYork. P. 1–37. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2391-2_1
- Islam M.R., Mikami D., Kurihara H. 2017. Two new algal bromophenols from *Odonthalia corymbifera* // *Tetrahedron Lett.* № 58. P. 4119–4121. DOI: 10.1021/np980324p.
- Jeyanthi R.L., Dhanalakshmi V., Shekhar C. 2012. Antibacterial activity of *Sargassum ilicifolium* and *Kappaphycus alvarezii* // *J. of Chemical and Pharmaceutical Research.* № 4(1). P. 700–705.
- Jesus A., Correia-da-Silva M., Afonso C., Pinto M., Cidade H. 2018. Isolation and Potential Biological Applications of Haloaryl Secondary Metabolites from Macroalgae // *Mar. Drugs* 2019, 17, 73; doi:10.3390/md17020073
- Kim S.Y., Kim S.R., Oh M.J., Jung S.J., Kang S.Y. 2011. In vitro antiviral activity of red alga, *Polysiphonia morrowii* extract and its bromophenols against fish pathogenic infectious hematopoietic necrosis virus and infectious pancreatic necrosis virus // *J. Microbiol.* № 49. P. 102–106. DOI: 10.1007/s12275-011-1035-z.
- Kneifel H., Meinicke M., Soeder Ç.J. 1977. Analysis of amines in algae by high performance liquid chromatography // *J. Phycol.* Vol. 13. P. 36.
- Kutscher G.W., Blumberg A. 1939. The use of pectin-agar mixtures in diarrhea // *The American J. of Digestive Diseases.* V. 6. P. 717–720.
- Lahaye, M., W. Yaphe, M.T. Phan Viet & C. Rochas. 1989.¹³C-N.M.R. spectroscopic investigation of methylated and charged agarose oligosaccharides and polysaccharides // *Carbohydr. Res.* 190: P. 249–265. [https://doi.org/10.1016/0008-6215\(89\)84129-1](https://doi.org/10.1016/0008-6215(89)84129-1).
- Lever J., Curtis G., Brkljača R., Urban S. 2019. Bromophenolics from the Red Alga *Polysiphonia decipiens* // *Mar. Drugs.*;17(9):497. doi: 10.3390/md17090497.
- Li K.: Li X.-M., Gloer J.B., Wang B.G. 2012. New nitrogen-containing bromophenols from the marine red alga *Rhodomela confervoides* and their radical scavenging activity // *Food Chem.* № 135. P. 868–872. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.05.117.

- Li K., Li X.M., Gloer, J.B., Wang B.G. 2011. Isolation, characterization, and antioxidant activity of bromophenols of the marine red alga *Rhodomela confervoides* // J. Agric. Food Chem. № 59. P. 9916–9921. DOI: 10.1021/jf2022447.
- Liu M., Hansen P.E., Lin X. 2011. Bromophenols in Marine Algae and Their Bioactivities // Mar. Drugs. № 9. P. 1273–1292; doi:10.3390/md9071273.
- Liu M., Wang G., Xiao L., Xu X., Liu X., Xu P., Lin X. 2014. Bis (2,3-dibromo-4,5-dihydroxybenzyl) ether, a marine algae derived bromophenol, inhibits the growth of botrytis cinerea and interacts with DNA molecules // Mar. Drugs. № 12. P. 3838–3851. DOI: 10.3390/md12073838.
- Mendes M., Pereira R., Sousa Pinto I., Carvalho A.P., Gomes A.M. 2013. Antimicrobial activity and lipid profile of seaweed extracts from the NorthPortuguese Coast // International Food Research Journal. 20(6). P. 3337–3345.
- Mikami D., Kurihara H., Kim S.M., Takahashi K. 2013. Red Algal Bromophenols as Glucose 6-Phosphate Dehydrogenase Inhibitors // Mar. Drugs. № 11. P. 4050–4057. DOI: 10.3390/md11104050.
- Mouritsen O.G., Rhatigan P., Pérez-Lloréns J.L. 2018. The rise of seaweed gastronomy: phycogastronomy // Botanica Marina. V.62. № 3. P. 195–209. <https://doi.org/10.1515/bot-2018-0041>.
- Percot A., Yalçın A., Aysel V., Erdugan H., Dural B., Güven K.C. 2009. β -Phenylethylamine content in marine algae around Turkish coasts // Bot. Mar. V. 52. P. 87–90. DOI:10.1515/BOT.2009.031.
- Sah R., Shankhadarwar S. 2020. Evaluation of red seaweed *Ahnfeltia plicata* (Hudson) fries from alibaug coast for its chemical composition and antioxidant activity // Sah. et al., J Adv Sci Res. № 11 (3). P. 134–140.
- Salvador N., Garreta A.G., Lavelli L., Ribera M.A. 2007. Antimicrobial activity of Iberian macroalgae // Sci. Mar. № 71. P. 101–113. DOI:10.3989/SCIMAR.2007.71N1101.
- Sampaio A.H., Rogers D.J., Barwell C.J., Saker-Sampaio S., Nascimento K.S., Nagano C.S., Farias W.R.L. 2002. New affinity procedure for the isolation and further characterization of the blood group B specific lectin from the red marine alga *Ptilota plumose* // J. of Applied Phycology. № 14. P. 489–495. DOI:10.1023/A:1022327010736.
- Shanab S.M. 2007. Antioxidant and antibiotic activities of some seaweeds (Egyptian isolates) // Int. J. Agric. Biol. Vol. 9. № 2. P. 220–225.
- Smit A.J. 2004. Medicinal and pharmaceutical uses of seaweed natural products: A review // J. Appl. Phycol. № 16. P. 245–262. DOI:10.1023/B: JAPH.0000047783.36600.ef.
- Vairappan C.S. 2003. Potent antibacterial activity of galogenated metabolites from Malaysian red alga *Laurencia majuscula* (Rhodomelaceae, Ceramiales) // Biomol. Eng. Vol. 20. № 4–6. P. 255–259. DOI: 10.1016/s1389-0344(03)00067-4.
- Xin Qi, Ge Liu, Lin Qiu, Xiukun Lin, Ming Liu 2015. Marine bromophenol bis(2,3-dibromo-4,5-dihydroxybenzyl) ether, represses angiogenesis in huvec cells and in zebrafish embryos via inhibiting the vegf signal systems // Biomed. Pharmacother. № 75. P. 58–66. DOI: 10.1016/j.biopha.2015.08.033.
- Yalçın A., Percot A., Erdugan H., Coban B., Guven, K.C. 2007. Hordenine in marine alga, *Gelidium crinale* (Hare ex Turner) Gaillon // Acta. Pharm. Sci. № 49. P.213–218.
- Zheng W, Wise M.L., Wyrick A., Metz J.G., Yuan L., Gerwick W.H. 2002. Polyenoic fatty acid isomerise from the marine alga *Pilota flicina*: protein characterization and functional expression of the cloned cDNA // Arch Biochem Biophys. № 401. P. 11–20. DOI: 10.1016/S0003-9861(02)00002-4.

Поступила в редакцию 08.08.2022 г.
Принята после рецензии 31.08.2022 г.



Экономика, международное сотрудничество и нормативные правовые основы рыбохозяйственной деятельности

Рыбохозяйственный комплекс: понятие, определение, структура

О.И. Бетин, А.С. Труба, Т.О. Мухамедова

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

Цель: уточнить и конкретизировать понятийный аппарат, который необходим для унификации понятий, подготовки к дальнейшей цифровизации рыбохозяйственного комплекса и перехода к новым видам и формам управления.

Метод: использовались методы монографического, аналитического и другие, в основе которых лежит диалектический подход изучения общественно-экономических явлений.

Новизна: сформирована система понятий и определений, ликвидирующих неоднозначность существующего понятийного аппарата, предмета обсуждения, а отсюда неконкретность и размытость поставленных целевых установок. Прослежена трансформация понятий от «рыбного хозяйства», «рыбной отрасли» до «рыбохозяйственного комплекса».

Результаты: проанализированы структура, трансформация основных понятий и определений в агропромышленном и рыбохозяйственном комплексах страны в ретроспективе и по настоящее время. Проведён обзор официальных источников, нормативно-правовой базы, программ развития и научной литературы с целью оценки понятий «рыбное хозяйство» и «рыбохозяйственный комплекс». В рамках проведённого анализа и самостоятельных исследований даны уточнения и конкретизация понятийного аппарата. Дано обоснование использования понятия – «рыбохозяйственный комплекс» как предмета управления и регулирования всеми процессами, связанными с получением рыбной продукции на всех её этапах, достижения продовольственной безопасности страны в части рыбной продукции и внешнеторговой деятельности.

Ключевые слова: рыбохозяйственный комплекс, сельское хозяйство, стратегия развития, терминология, структура, рыбное хозяйство, трансформация понятий, управление, органы государственной власти.

Fisheries complex: concept, definition, structure

Oleg I. Betin, Anatoly S. Truba, Tatyana O. Mukhamedova

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

Purpose: to clarify and concretize the conceptual apparatus that is necessary for the unification of concepts, preparation for further digitalization of the fisheries complex and the transition to new types and forms of management.

Method: methods were used, among which one can distinguish analytical, monographic and others, which are based on a dialectical approach to the study of socio-economic phenomena.

Novelty: a system of concepts and definitions has been formed that eliminate the ambiguity of the existing conceptual apparatus, the subject of discussion, and hence the lack of specificity and vagueness of the set targets. The transformation of concepts from “fisheries”, “fishing industry” to “fisheries complex” is traced.

Results: the structure, transformation of basic concepts and definitions in the agro-industrial and fisheries complexes of the country in retrospect and to the present are analyzed. The review of official sources, regulatory framework, development programs and scientific literature was conducted in order to evaluate the concepts of “fisheries” and “fisheries complex”. Within the framework of the analysis and independent research, clarifications and concretization of the conceptual apparatus are given. The rationale for the use of the concept – “fisheries complex” as an object of management and regulation of all processes related to obtaining fish products at all its stages, achieving food security of the country in terms of fish products and foreign trade activities, i. e. in a broad sense from “boat to counter”.

Keywords: fishery complex, agriculture, development strategy, terminology, structure, fisheries, transformation of concepts, management, public authorities.

ВВЕДЕНИЕ

Рыбохозяйственный комплекс России представляет собой производственно-хозяйственный комплекс с многоотраслевой системой и объединяет: рыболовство, рыбоводство, производство пищевой, кормовой и технической продукции, обеспечивающими отрасля-

ми, межрегиональными и международными связями. Первостепенной же ролью комплекса является снабжение населения продуктами питания, обеспечивая тем самым продовольственную безопасность страны.

Существенная роль в обеспечении устойчивого развития рыбохозяйственного комплекса отводится

органам государственной власти. В настоящее время управленческая деятельность Минсельхоза России и Росрыболовства носит многофункциональный характер, в связи с чем в системе государственного управления рыбохозяйственного комплекса происходят изменения в территориальной структуре, нормативно-правовой базе, происходит трансформация понятий от «рыбного хозяйства», «рыбной отрасли» до «рыбохозяйственного комплекса», что повышает требования к эффективности государственного регулирования и стратегического планирования. Это определяет необходимость уточнения и корректировки понятий и определений, связанных с рыбохозяйственным комплексом.

МЕТОДЫ

В рамках проведённого исследования использовался широкий спектр методов, среди которых следует выделить аналитический, монографический и другие, в основе которых находится диалектический подход к изучению общественно-экономических явлений.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Происходящие в настоящее время глобальные изменения в экономике требуют внедрения в широкую практику новых подходов к экономическому развитию, основанных на максимальном задействовании внутренних факторов, конкурентоспособности и прежде всего повышения на основе этого эффективности отечественного производства.

В связи с этим возникает необходимость внесения корректировок в документ долгосрочного планирования в отношении агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов, которым является Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации до 2030 года (далее – Стратегия¹). Агропромышленный и рыбохозяйственный комплексы – это одни из крупнейших базовых сфер экономики России, которые являются важнейшими частями производственной и социальной инфраструктуры государства, а также стимулируют товарные отношения в смежных отраслях.

Для решения этих задач необходимо в кратчайший период осуществить переход от базовых подходов долгосрочного планирования к целевому принципу, обеспечив за счёт этого уход от сырьевой экономики к экономике добавленной стоимости. Сформировать строгую систему понятий и определений,

ликвидирующих неоднозначность существующего понятийного аппарата, предмета обсуждения, а отсюда и неконкретность, размытость поставленных целевых установок.

В совместной Стратегии оба эти комплекса строго детерминированы по ответственному органу Правительства Российской Федерации, отвечающего за конечный результат – Минсельхоз России, а также взаимосвязаны по целевым задачам обеспечения социального благополучия и высоких стандартов жизни граждан России, качественного инфраструктурного развития и продовольственной безопасности страны. И в то же время функционируют самостоятельно, независимо друг от друга. Формирование комплексов прошло сложный и подчас противоречивый путь интеграции сельского и рыбного хозяйства с нарождающейся в прошлом веке индустриальной перерабатывающей промышленностью.

Термин «агропромышленный комплекс» (АПК) получил широкое практическое применение и в официальных документах с начала 80-х гг. прошлого столетия. В 2004 г. в публикации в Большой российской энциклопедии А.В. Гордеев [2004] (в то время Министр сельского хозяйства Российской Федерации) определил АПК как производственно-экономическую систему, которая подразделяется на три основные вида деятельности:

- первый вид деятельности объединяет отрасли промышленности, обеспечивающие агропромышленный комплекс средствами производства;
- второй – представлен сельским хозяйством и является центральным звеном агропромышленного комплекса;
- третий – включает совокупность отраслей и предприятий, обеспечивающих заготовку, переработку, хранение, транспортировку сельскохозяйственного сырья и реализацию конечной продукции.

Каждый из выделенных видов деятельности получает производственные ресурсы и поставляет продукцию в десятки смежных отраслей, в которых занят не один миллион работников. Одним из главных условий динамичного развития АПК является пропорциональность, сбалансированность всех трёх видов деятельности.

На основании этих данных и других распространённых в настоящее время терминов предложена следующая схема построения и функционирования АПК (см. рис. 1).

Совсем другая ситуация сложилась в рыбохозяйственном комплексе. Здесь на протяжении всего процесса реформирования наблюдались противоречия, разночтения и широкая трактовка терминологии. Это

¹ Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 12 апреля 2020 г. N 993-п: <https://docs.cntd.ru/document/564654448>.



Рис. 1. Структура агропромышленного комплекса Российской Федерации

Fig. 1. Structure of the agro-industrial complex of the Russian Federation

связывается, как правило, с традициями и сложным историческим путём развития рыбного хозяйства, а в реформенный период с ликвидацией отраслевого Министерства рыбного хозяйства СССР и передачи новых полномочий в условиях рыночной экономики Минсельхозу России. Вместе с ликвидацией Министерства рыбного хозяйства СССР произошло упразднение существующей ранее всей административной системы отраслевого управления, прекратили функционировать ведомственные экономические институты и система подготовки научных кадров высшей квалификации по проблемам экономики.

Опора в тот период на административные решения, способные быстро исправить положение при слабых финансовых возможностях государства и кадровых переменах не дали ожидаемых положительных результатов. Постепенное восстановление объёмов добычи водных биологических ресурсов началось только после перехода государства к системным мерам. Прежде всего, это было формирование принципов и структуры управления в новых условиях, создание необходимой законодательной и нормативной базы для работы в рыночной экономике.

Эти решения усилили регулирующие и контролируемые функции государства и, как показала практика, ускорили развитие рыночных отношений и активизацию предпринимательских институтов в сфере рыбного хозяйства [Колончин и др., 2021].

Для выработки научно обоснованных подходов и повышения эффективности при выполнении задач стратегии развития был реорганизован Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, в состав которого вошли 29 филиалов, создан Центр экономических исследований рыбного хозяйства, для подготовки кадров восстановлена целевая аспирантура и докторантура по экономике и тематические разделы в научных отраслевых журналах.

Принятые системные меры и полученные практические результаты оказали влияние на постановку задач в принимаемых государством основополагающих документах стратегического развития и, соответственно, на терминологический аппарат этих документов. Трансформация официально принятой терминологии приведена в табл. 1.

Как видно из табл. 1 термин «рыбохозяйственный комплекс» вошёл в официальный оборот только после 2014 года. В период становления и развития СССР довольно-таки широко применялся термин «рыбное хозяйство». Его применяют и сегодня, причём, в разных интерпретациях. Одни исследователи выделяют «рыбное хозяйство» как одну из отраслей народного хозяйства [Гордон, 1972], другие считают его видом деятельности [Романов, 2005], третьи представляют его в виде комплекса отраслей рыбной промышленности [Курдюков, 2007]. Существует и такая точка зре-

Таблица 1. Этапы трансформации понятийного аппарата, принятые в отраслевой нормативно-правовой базе и программах развития

Table 1. Stages of transformation of the conceptual apparatus adopted in the industry regulatory framework and development programs

Термин	Нормативно-правовая база	Определение
Рыбное хозяйство	«О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» ²	Рыбное хозяйство – виды деятельности по рыболовству и сохранению водных биоресурсов (ВБР), производству и реализации рыбной и иной продукции из ВБР
	«О развитии сельского хозяйства» ³	Рыбное хозяйство введено в состав сельского хозяйства
Переходный период	«Концепция развития рыбного хозяйства Российской Федерации на период до 2020 года» ⁴	Понятие « рыбное хозяйство » <i>приравнено к рыбохозяйственному комплексу</i>
	«Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года» ⁵	В заглавие внесён рыбохозяйственный комплекс , но в тексте понятие « рыбное хозяйство » <i>определено идентично рыбохозяйственному комплексу</i>
Рыбохозяйственный комплекс	Государственная программа Российской Федерации «Развитие рыбохозяйственного комплекса » ⁶	Введено понятие « рыбохозяйственный комплекс » (определение «рыбное хозяйство» отсутствует)
	«Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года» ⁷	Под рыбохозяйственным комплексом понимается производственно-хозяйственный комплекс
	«Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года» ⁸	Агропромышленный и рыбохозяйственный комплексы определены как крупнейшие составляющие части производственной и социальной инфраструктуры государства.

ния – «рыбное хозяйство» более широкое понятие, чем «рыбохозяйственный комплекс» [Лисиенко 2012; Ше, 2013].

Авторами монографий Н.П. Сыроевым [1989] и Е.А. Романовым [2005] и взявшими за основу «агропромышленный комплекс» даны свои определения, совпадающие, в большей части функционально с «рыбохозяйственным комплексом».

Свою лепту в многообразии определений внёс переход в 2003–2004 гг. с Общесоюзного классификатора (ОКОНХ) на Общероссийский классификатор видов экономической деятельности (ОКВЭД), который устанавливает комплексное описание видов экономиче-

ской деятельности, продукции и услуг. Он стал содержать раздел деятельности «Рыболовство, деятельность рыбопитомников и рыбных ферм; деятельность по предоставлению услуг, связанных с рыболовством», которые по классификации ОКОНХ относились к отраслям «Сельское хозяйство, охота и предоставление услуг» в этих областях.

На основании выше сказанного нами была предложена, по аналогии с агропромышленным комплексом, структура рыбохозяйственного комплекса, которая состоит из следующих видов деятельности (см. рис. 2):

– первый вид деятельности – обеспечение рыбохозяйственного комплекса, включает в себя производство средств производства: судоремонт, судостроение, производство орудий лова и тары, машиностроение, порты, а также профессиональную подготовку кадров по требуемым специальностям, научно-исследовательскую деятельность;

– второй вид деятельности (основной) состоит из рыболовства (добыча ВБР) и рыбоводства (товарное выращивание, искусственное воспроизводство ВБР);

– третий вид деятельности – создание товарной продукции и реализация готовой продукции потребителю. Включает рыбоперерабатывающие производ-

² Федеральный закон от 20.12.2004 г. № 166-ФЗ

³ «Водный кодекс Российской Федерации» (Федеральный закон от 03.06.2006 г. № 74-ФЗ)

⁴ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 02.09.2003 г. № 1265-р; ред. от 21.07.2008 г.

⁵ Приказ Росрыболовства от 30.03.2009 № 246

⁶ Постановление Правительства Российской Федерации 15.04.2014 г. № 314

⁷ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 26.11.2019 г. № 2798-р

⁸ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 12.04.2020 г. № 993-р

ства, обеспечивающие глубокую переработку, транспортировку, хранение и торговлю.

Приведённая на рис. 2 структура рыбохозяйственного комплекса позволяет снять существующие до настоящего времени терминологические и понятийные коллизии.

На рис. 3 показана примерная схема управления и направлений будущего развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации. В качестве примера в ней использован структурный термин «рыбная промышленность», которому придаётся разнобразное значение.

По приведённой на рис. 3 схеме это определение относится к третьему комплексному виду деятельности – переработке, хранению, транспортировке, реализации конечной продукции. Или, например, по мере развития материально-технической базы и освоения новых технологий многие добывающие предприятия стали заниматься глубокой переработкой своей продукции, образуя комплексное производство в форме комбинатов. Их деятельность по добыче можно отнести к виду деятельности «рыбное хозяйство», а комплексную рыбообработку – к третьему виду экономической деятельности – переработке и хранению. К этой категории следует отнести суда, на которых производится добыча и глубокая переработка ВБР. Такой подход снимает неоднозначность толкования о том, что рыбная промышленность, являясь отраслью

пищевой промышленности, занимается и добычей, и переработкой ВБР.

Более широкую интеграцию различных структур в составе рыбохозяйственного комплекса создают кластеры (см. рис. 3). Это сравнительно новая форма решения задач управления и развития, которая в последнее десятилетие стала достаточно популярной. Принципиальное отличие кластерных объединений от других крупных комплексов состоит в их неоднородности. В рыбохозяйственном комплексе кластеры объединяют все три вида экономической деятельности, начиная от научных разработок, подготовки кадров и доведения конечной продукции до потребителя.

Такие подходы открывают возможность использовать рыбохозяйственный комплекс как единый объект управления и регулирования всеми процессами, связанными с получением и реализацией рыбной продукции на всех её этапах, т. е. в широком понимании «от лодки до прилавка».

Большие перспективы в развитии рыбохозяйственного комплекса в последнее время связывают с использованием такой институциональной структуры формирования и функционирования информационных процессов как технологическая платформа. Платформенная экономика в отличие от традиционных подходов занимается регулированием и координацией информационных процессов, а не результатами текущей деятельности. Это ставит новые глобаль-



Рис. 2. Структура рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации
Fig. 2. Structure of the fisheries complex of the Russian Federation



Рис. 3. Схема управления рыбохозяйственным комплексом Российской Федерации
 Fig. 3. The scheme of management of the fisheries complex of the Russian Federation

ные задачи перед цифровизацией экономики всей страны. Одной из таких задач Правительство Российской Федерации поставило перевод «на цифру» информационных потоков страны и создания на этой основе коммуникационной инфраструктуры, которая будет соединять на своей площадке производителей и потребителей. Это ставит новые глубокие задачи перед цифровизацией всей экономики страны.

Естественно, что становление и развитие платформенной организации в экономике рыбохозяйственного комплекса выйдет далеко за его нынешние пределы и затронет новые сферы деятельности и прежде всего интеллектуальную.

Развитие концепции платформенной экономики и перенос её в сферу услуг получило термин «экосистема» (не связано с экологией). Признаком экосистемы является множественность сторонних видов экономической деятельности, количества сервисов для потребителей. Все это подходит для будущего развития рыбохозяйственного комплекса. Подобные экосистемы уже создаются во многих видах сервисных услуг от телекоммуникаций до финансовых платформ «Сбера» по оказанию сервисных услуг. Все его участники поддерживают друг друга, максимально извлекая прибыли из экосистемы.

Приведённые примеры современных направлений экономического развития говорят о том, что

развитие рыбохозяйственного комплекса в ближайшие годы приведёт к становлению новых форм управления, расширению горизонтов деятельности, которые выйдут далеко за пределы существующих отношений внутри комплекса. Потребуется иные подходы и формы управления, новые терминологии и понятийный аппарат. Для того чтобы это произошло как можно быстрее, без серьёзных издержек и недопонимания необходимо уже сегодня заложить для этого основания – создать единую систему в нынешнем понятийном аппарате. Без систематики и единообразия терминологии и определений невозможно будет организовать эффективное функционирование технологических платформ и создать новую систему коммуникаций в агропромышленном и рыбохозяйственном комплексах, призванных решать общую задачу обеспечения населения продуктами питания и продовольственной безопасности страны.

Не претендуя на полноту и всесторонность формулировок исходя из представленных нами структуры и схемы управления рыбохозяйственным комплексом предлагаются следующие определения:

Рыбохозяйственный комплекс — это производственно-хозяйственный комплекс, который включает виды деятельности: обеспечение рыбохозяйственного комплекса средствами производства; рыболов-

ство, рыбоводство; переработка водных биологических ресурсов, транспортировка, хранение, а также реализация конечной продукции.

Рыбное хозяйство — является центральным звеном рыбохозяйственного комплекса, основными отраслями которого являются рыболовство (добыча ВБР) и рыбоводство (товарное производство и искусственное воспроизводство ВБР).

Рыбная промышленность — является составной частью перерабатывающей промышленности, деятельность которой связана с переработкой рыбы и других гидробионтов в разные виды пищевой и технической продукции;

Рыболовство — одна из основных отраслей рыбного хозяйства по вылову (добыче) рыбы и других водных биоресурсов.

Рыбоводство — одна из основных отраслей рыбного хозяйства занимающаяся разведением, выращиванием и изъятием объектов аквакультуры в границах рыбоводного участка.

Обеспечивающие отрасли — совокупность отраслей и предприятий, занимающихся обеспечением рыбохозяйственного комплекса производством средств производства, судостроение, судоремонт, порты, машиностроение, производство орудий лова и тары. А также организации, осуществляющие профессиональную подготовку кадров и научно-исследовательскую деятельность.

Рыбохозяйственный кластер — представляет собой объединение разнонаправленных предприятий и организаций, которые могут охватывать все виды экономической деятельности, начиная от научных разработок, подготовки специалистов и доведения конечной продукции до потребителя.

Технологическая платформа — это институциональная структура формирования и функционирования информационных процессов рассматривается как коммуникационный инструмент, который должен обеспечить за счёт участия всех заинтересованных (бизнес, наука, государство, гражданское общество) активизацию в стране усилий по созданию перспективных коммерческих технологий и новых продуктов (услуг) по привлечению дополнительных ресурсов для проведения исследований и разработок, по совершенствованию нормативно-правовой базы в области научно-технологического, инновационно-развития сторон [Колончин и др., 2021].

Экосистема — это форма переноса развития платформенной экономики на сферу разнообразных сервисных услуг для извлечения максимальной коллективной прибыли его участников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Понятий и дефиниций, связанных с рыбохозяйственным комплексом, может быть множество, всё зависит от уровня исследований, профессионализма и компетенций в данной изучаемой области. Каждый исследователь вправе предложить свой вариант, но насколько он будет полноценен судить экспертам. Мы же не ограничиваемся только этими терминами, это тот минимум, который необходим для унификации понятий и подготовки к дальнейшей цифровизации рыбохозяйственного комплекса и переходу к таким новым видам и формам управления как кластер, платформа и экосистемные сервисные услуги. Продолжаем работать не только над понятийным аппаратом, но и над научно обоснованными предложениями для уточнения Стратегии развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации, выстраиваем новые подходы к дальнейшим исследованиям.

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 ФГБНУ «ВНИРО».

ЛИТЕРАТУРА

- Ганич Я.В., Клиппенштейн Е.В., Мищенко Н.Г., Морозова Ю.С. 2014. Стратегическое управление в рыбной отрасли. М.: Моргкнига. 309 с.
- Гордеев А.В. 2004. Агропромышленный комплекс АПК // Большая российская энциклопедия. Т. Россия. М.: БРЭ. С. 535–544.
- Гордон Л.М. 1972. Экономика. Организация и планирование рыбного хозяйства СССР. М.: Пищ. пром-ть. 348 с.
- Колончин К.В., Бетин О.И., Рудашевский В.Д. 2021. Платформенная модель организации управления рыбным хозяйством России (системно-экономический подход) // Экономика и управление: проблемы, решения. Т. 1. № 12 (120). С. 21–35.
- Курдюков С.И. 2007. Рыбохозяйственный комплекс России: состояние и перспективы развития. М.: Восход-А. 103 с.
- Лисиенко С.В. 2012. Организация и планирование промышленного рыболовства: учебное пособие. М.: Моргкнига. 235 с.
- Романов Е.А. 2005. Экономика рыбохозяйственного комплекса. М.: Мир. 336 с.
- Сысоев Н.П. 1989. Экономика рыбной промышленности. М.: ВО «Агропромиздат». 455 с.

Ше С.Г. Классификация основных субъектов рыбохозяйственной деятельности // Известия Иркутской государственной экономической академии (Байкальский государственный университет экономики и права), 2013. № 5. С. 15.

Юшкова И.Е. 2016. Организационно-экономическое состояние рыбного хозяйства. Saarbrücken: Lambert acad. publ. 356 с.

REFERENCES

Ganich Ya.V., Klippenstein E.V., Mishchenko N.G., Morozova Y.S. 2014. Strategic management in the fishing industry. М.: Morkniga. 309 p.

Gordeev A.V. 2004. Agro-industrial complex of agro-industrial complex // Big Russian encyclopedia. Т. Russia. М.: BRE. pp. 535–544.

Gordon L.M. 1972. Economy. Organization and planning of fishing in the USSR. М.: Food. issue 348 p.

Kolonchin K.V., Betin O.I., Rudashevsky V.D. 2021. Platform model of the organization of fisheries management in Russia (system-economic approach) // Economics and management: problems, solutions. Volume 1. No. 12 (120). pp. 21–35.

Kurdyukov S.I. 2007. Fisheries complex of Russia: the state and prospects of development. М.: Voskhod-A. 103 p.

Lisienko S.V. 2012. Organization and planning of industrial fishing: textbook. М.: Morkniga. 235 pp.

Romanov E.A. 2005. Economics of the fisheries complex. Moscow: Mir. 336 p.

Sysoev N.P. 1989. Economics of the fishing industry. М.: VO "Agropromizdat". 455 pp.

She S.G. Classification of the main subjects of fishery activity // Proceedings of the Irkutsk State Academy of Economics (Baikal State University of Economics and Law), 2013. No. 5. p.15.

Yushkova I.E. 2016. The organizational and economic state of the fishery. Saarbrücken: Lambert acad. publ. 356 p.

*Поступила в редакцию 19.08.2022 г.
Принята после рецензии 30.08.2022 г.*



Экономика, международное сотрудничество и нормативные правовые основы рыбохозяйственной деятельности

Комплексный инструментарий управления рыбной отраслью в условиях новой экономической политики России

Г.А. Волошин

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

Цель работы заключается в подготовке концептуальных предложений по совершенствованию действующей системы управления российским рыбохозяйственным комплексом.

Материалы и методы: Рассмотрена проекция прогноза Центрального Банка России о возможных этапах развития экономических процессов на рыбохозяйственный комплекс. С учётом этого, сделано предположение о необходимости совершенствования действующей модели управления и разработки комплексного инструментария.

Результаты исследования: Результатами работы является предложенный инструментарий в составе трёх элементов, обеспечивающий формирование основы новой системы управления рыбохозяйственным комплексом.

Практическая значимость: Разработка и использование предложенного инструментария даст возможность в текущем периоде с учётом существующих возможностей и запросов, тенденций развития внешних и внутренних факторов моделировать характеристики основных целевых показателей развития в будущих периодах и варианты их достижения.

Ключевые слова: новая экономическая политика, система управления рыбохозяйственным комплексом, комплексная эффективность эксплуатации запасов ВБР, устойчивое развитие, цифровая трансформация рыбохозяйственного комплекса, цифровая информационно-аналитическая платформа.

Integrated tools for managing the fishing industry in the context of Russia's new economic policy

Grigory A. Voloshin

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

The purpose of the work is to prepare conceptual proposals for improving the current management system of the Russian fisheries complex.

Materials and methods: The projection of the forecast of the Central Bank of Russia on the possible stages of the development of economic processes on the fishery complex was considered. With this in mind, an assumption has been made about the need to improve the current management model and.

Results of the study: The results of the work are the proposed toolkit consisting of three elements, which provides the basis for a new management system for the fisheries complex.

Practical significance: The development and use of the proposed tools will make it possible in the current period, taking into account existing opportunities and requests, trends in the development of external and internal factors, to model the characteristics of the main development targets in future periods and options for their achievement.

Keywords: new economic policy, fisheries management system, integrated efficiency of WBR reserves exploitation, sustainable development, digital transformation of fisheries management complex, digital information and analytical platform.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время российская экономика вынужденно преодолевает процесс трансформации, необходимость которого была продиктована направленным давлением со стороны недружественных стран в виде внешних ограничений.

В связи с этим строятся различные прогнозы развития сложившейся ситуации. В том числе по мнению аналитиков Центробанка России выделяются возможные четыре этапа прохождения этого процесса. Про-

екция данного прогноза на рыбохозяйственный комплекс автором представляется следующим образом.

На первом этапе неизбежно будет наблюдаться разрыв устоявшихся технологических, производственных и логистических цепочек. Номенклатура технических средств, их компонентов, а также материалов иностранного производства, используемых российскими организациями в процессе осуществления рыбохозяйственной деятельности значительна. И этот разрыв безусловно негативно скажется на результатах

работы организаций рыбохозяйственного комплекса, а следовательно, на результатах и всей отрасли. Учитывая сложившуюся практику распределения российской продукции, произведённой из российских уловов водных биоресурсов, по её объёму и стоимости в мировом обороте рыбной продукции, разрыв устоявшихся логистических цепочек также окажет негативное влияние на результаты внешнеэкономической деятельности организаций рыбохозяйственного комплекса. При этом риски обусловлены не только ограничениями, которые могут быть установлены в рамках санкций, но и тем, что страны, не входящие в список недружественных государств и не вводящих санкции могут воспользоваться ситуацией в своих экономических интересах, например, используя ситуацию увеличенного предложения российских товаров на рынке, предпринимать дополнительные меры, которые будут способствовать большему снижению цен на российскую продукцию (задержки оформления, карантинные меры или отказ от контрактов и др.), что естественно негативно отразится на результатах работы организаций и всего рыбохозяйственного комплекса.

Исходя из этого, на втором этапе необходимо провести первичную подстройку к новым условиям функционирования – активно искать и реализовывать возможности перехода на альтернативные источники поставок товаров, необходимых для осуществления деятельности. Вместе с тем, необходим поиск новых рынков сбыта продукции, производимой предприятиями отрасли. В целях достижения высокого уровня независимости от внешних условий, приоритетным направлением должно стать развитие и реализация потенциала внутреннего рынка рыбных товаров, в том числе с учётом его территориального расширения и стремления к росту рекомендованного среднедушевого уровня потребления рыбной продукции.

Следующим этапом, по мнению аналитиков, станет «обратная индустриализация». Применительно к рыбохозяйственному комплексу на этом этапе должно произойти частичное импортозамещение технологий и производств. Прежде всего, это касается строительства флота, создания и производства необходимого навигационного и поискового оборудования, производства орудий лова и средств механизации лова, технологий и производственного оборудования, необходимого для производства современной и качественной пищевой продукции, кормов для производства аквакультуры и животноводства, а также продукции, используемой в других отраслях.

Эффективность и качество произведённой продукции на первом этапе возможно будет уступать аналогам, используемым в настоящее время. Но благода-

ря увеличению занятости будет обеспечен дополнительный платежеспособный спрос населения, а благодаря опережающему росту производства в импортозамещающих отраслях будет достигнут рост качества.

На последнем этапе структурной трансформации, по мнению аналитиков, будет достигнуто новое равновесие и развитие «на новой, менее совершенной технологической базе». Произойдёт постепенный возврат к прежним технологическим уровням. Впоследствии возможен переход к росту производительности и эффективности техники и технологий, а также экологичности производства.¹

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

События, происходящие в мире, демонстрируют, что глобализация экономики, устоявшиеся партнёрские связи, с обязательствами и правами, действующие многие годы могут быть быстро и легко разрушены в условиях современного развития общества и деструктивной политики некоторых государств. С учётом этого экономическая система государства и её сегменты – отрасли должны обладать определённой системой защиты – достаточной степенью локализации и независимости, а также свойством, которое позволяет быстро адаптироваться в соответствии с происходящими изменениями условий.

Учитывая возможности рыбохозяйственного комплекса в обеспечении продовольственной безопасности и независимости страны, развития прибрежных регионов, возможности как поставщика рыбных товаров на мировой рынок и источника дохода государственных бюджетов, возможности по обеспечению присутствия в Мировом океане и как объекта развития международных отношений в современных условиях он должен получить дополнительный импульс к дальнейшему ускоренному развитию и совершенствованию [Бетин, Титова, 2022].

Для смягчения острых углов возможного развития ситуации согласно приведённому выше прогнозу и ускорения прохождения этапов трансформации в экономической системе в целом и в рыбохозяйственном комплексе, для защиты интересов России в настоящее время видится необходимым сделать переход к мобилизационной экономике. В процессе этого перехода будет происходить формирование новой модели организации управления отраслью, разработка отраслевых программных документов. В соответствии с новыми условиями должны быть

¹ Бюллетень Департамента исследований и прогнозирования Банка России «О ЧЕМ ГОВОРЯТ ТРЕНДЫ. Макроэкономика и рынки» № 2 (54), апрель 2022. С. 9–13. https://cbr.ru/Collection/Collection/File/40953/bulletin_22-02.pdf. 17.05.2022.

пересмотрены ориентиры и приоритеты развития, которые лягут в основу целей и задач. Для этого новой системе управления необходимо инструментальное обеспечение для осуществления стратегического планирования развития с чётким обоснованными целями, задачами и сроками их достижения, с точки зрения экологических предпосылок, возможностей экономики отрасли, а также установленных государственных требований и социальных запросов. Существующая система управления в рыбохозяйственном комплексе не располагает таким инструментарием, предоставляя неограниченные права его участникам функционировать, развиваться и формировать развитие комплекса в целом хаотично. И принимаемые управленческие решения основаны лишь на так называемом экспертном мнении или экспертной оценке, которые не всегда объективны, точны и своевременны.

При разработке плановых параметров стратегического развития и их обоснования прежде всего необходимо определять «координаты» текущего состояния. Для этого нужно иметь возможность для регулярного комплексного мониторинга, учёта, анализа сопоставления показателей экосистемных возможностей в виде состояния запасов водных биоресурсов и технических, экономических возможностей в виде уровня развития и состояния материально-технических средств, обеспечивающих возможности эксплуатации ресурсов, а также показателей, характеризующих результаты работы, в том числе в области экономической, экологической и социальной политики. В настоящее время практическое проведение таких работ не представляется возможным, ввиду отсутствия необходимого инструментария.

В целях роста эффективности функционирования рыбохозяйственного комплекса в условиях перехода к мобилизационной экономике на первом этапе трансформации управления необходима разработка механизма государственного целеполагания для формирования совокупности целей. Для формирования совокупности целей, поставленных перед рыбохозяйственным комплексом с учётом стратегических установок, необходимо определение их качественных и количественных характеристик.

В свою очередь, для определения этих характеристик, а также задач по их достижению, мероприятий, предусмотренных в рамках решения таких задач, необходимо построение комплексного баланса с одной стороны запросов государства как социо-эколого-экономической системы и собственника ресурсов, с другой стороны, возможностей рыбохозяйственного комплекса со смежными отраслями в роли исполни-

тельной подсистемы с учётом потенциала их развития. Построение такого баланса требует разработки инструментария, включающего следующие элементы.

1. Первый элемент – «Потребности». Задача первого элемента инструментария заключается в определении оптимальных величин показателей:

- обеспечения продовольственной безопасности с установленным уровнем самообеспечения, гарантированного душевого потребления по видам продукции по регионам потребления с учётом платежеспособности населения страны;
- уровня (объёма) государственных доходов от эксплуатации запасов федеральных водных биоресурсов (водных ресурсов при оценке аквакультуры);
- уровня показателей социально-экономического развития субъектов как основы отраслевой инфраструктуры, а также инфраструктуры смежных отраслей экономики;
- уровня количественных и качественных показателей состояния запасов водных биоресурсов.

2. Второй элемент – «Ресурс». Задача элемента сопоставить и оценить целесообразность эксплуатации имеющихся доступных ресурсов с учётом технических, экономических возможностей рыбохозяйственного комплекса на современном этапе развития, включая добычу водных биоресурсов, производство товарной аквакультуры, производство рыбной продукции, транспортировку, хранение и реализацию товаров.

3. Третий элемент – «Эффективность». Данный элемент необходим для оценки достаточности действующих мер, направленных на эффективное функционирование рыбохозяйственного комплекса. При этом оценка эффективности должна учитывать уровень обеспечения продовольственной безопасности, доходы государства, социальную справедливость в доступе к продукции.

Указанные элементы должны быть научно обоснованы, разработаны в возможно короткий срок и утверждены в виде отраслевых методик. Использование этих методик позволит в процессе подготовки отраслевых программных документов чётко обосновывать планирование целей и задач, направленных на их достижение. Так же использование методик даст возможность с учётом тенденций развития ситуации и влияния различных факторов в определённый период оперативно осуществлять их обоснованные корректировки.

По мнению автора, **первым элементом** указанного инструментария должна стать методика определения объёма добычи (вылова) водных биологических ресурсов при эффективной эксплуатации их запасов,

обеспечивающей устойчивость развития рыбохозяйственного комплекса.

Разработка данной методики обусловлена необходимостью определения оптимальной величины объёма добычи (вылова) водных биологических ресурсов с учётом комплексной социо-эколого-экономической эффективности промысла для обеспечения продовольственной безопасности и продовольственной независимости России, конкурентоспособности отечественной продукции на мировых рынках продовольствия, снижение технологических рисков в агропромышленном комплексе.

Актуальность проблемы, предлагаемой к решению, заключается в том, что в процессе развития действующей системы принятия управленческих решений в отечественном промышленном рыболовстве, во главу угла был поставлен экологический аспект. При этом, все ещё развиваясь в парадигме индустриальной экономики, эффективность рыболовства сегодня продолжает оцениваться через призму объёма добычи (вылова) водных биологических ресурсов.

С этой точки зрения на эффективность рыболовства, должна быть обеспечена не истощительная эксплуатация запасов водных биологических ресурсов при постоянном росте вылова.

Вместе с тем, с точки зрения устойчивого развития, эффект рыболовства должен определяться более широко и включать разные комбинации доходов частных судовладельцев и рентных платежей (то есть доходов общества), показателей, характеризующих уровень занятости, развитости береговой производственной основной и инфраструктуры, и иных свидетельств социального благополучия рыбохозяйственного сообщества и населения страны [Волошин, Кричевский, 2014].

Так при оценке экономической эффективности необходимо учитывать показатели, характеризующие затраты на добычу водных биоресурсов и выгоды, полученные при реализации продукции, произведённой из них. В первую очередь, должны быть оценены выгоды, получаемые государством в виде налогов, сборов, развития инфраструктуры регионов, также должны оцениваться выгоды частного капитала.

Оценка социальной эффективности, как одна из категорий государственных выгод, должна учитывать такие показатели как доля рыбной продукции в рационе питания, удовлетворение потребности населения в продукции, произведённой из уловов водных биоресурсов, занятость населения, развитие социальной инфраструктуры, а также, возможно, и показатели, характеризующие уровень здоровья населения.

При этом безусловно должна быть выполнена и учтена оценка экологического аспекта [Колончин,

2022], с точки зрения состояния запасов водных биоресурсов и среды их обитания.

Очевидно, что показатели социальной, экономической и экологической эффективности тесно взаимосвязаны, поэтому целесообразно оценивать некую общую эффективность в зависимости от внутренних и внешних условий, сложившихся на момент проведения оценки и в перспективе их развития.

Таким образом, в рамках разработки данной методики на основе комплексного анализа показателей промысла, биоэкономических моделей систем «запас-промысел-потребитель» станет возможным формировать предложения к совершенствованию инструмента регулирования промысла водных биоресурсов с учётом экономической и социальной эффективности и расширения экологического аспекта, применяя гибкие экономические стимулы и методы сдерживания [Артеменков, 2017].

Результаты использования этого инструмента направлены на более тонкую регулировку эксплуатации ресурсов, определение необходимого объёма добычи водных биоресурсов, объёма производства товарной аквакультуры и может способствовать смене приоритетов в рыбохозяйственном комплексе, смещению точки роста из добывающего сектора к производственному.

Второй элемент, требующий разработки, обусловлен тем, что при хорошо исследованных запасах водных биологических ресурсов практически не уделяется внимание учёту и оценке возможностей производственных мощностей, задействованных или которые могут быть задействованы в процессе их эксплуатации, а также логистических возможностей, конъюнктуры рынков сбыта. Это обуславливает отсутствие возможности оценки эффективности и устойчивости эксплуатации запасов водных биоресурсов. Затрудняет процесс стратегического планирования развития рыбохозяйственного комплекса.

Необходимо учесть ряд существующих проблем, которые затрудняют разработку указанной методики. Среди них можно выделить следующие.

Запасы водных биологических ресурсов исследуются регулярно на базе хорошо реализованной научной системы поиска, учёта и анализа состояния объёма и видового состава по районам добычи. Но не проводится анализ данных о составе, состоянии и размещения рыболовного флота. Отсутствует организованная структура таких данных.

При этом учёт данных о возможностях производства продукции аквакультуры, территориального размещения, а также учёт фактических результатов по

виду экономической деятельности «рыбоводство» всё ещё остаётся на достаточно низком уровне.

В настоящее время отсутствуют структурированные данные об объёме, состоянии и территориальном размещении перерабатывающих производственных мощностей, а также по видам производимой ими продукции.

Согласно утверждённому законодательно порядку, официальные данные по показателю среднедушевого потребления рыбной продукции в России рассчитываются на основе балансового метода в общем объёме без распределения по видам продукции и территориальному признаку.

Отсутствуют структурированные данные логистической составляющей:

- о транспортировке сырья и готовой рыбной продукции из районов добычи к основным местам потребления;
- о хранении и реализации рыбных товаров.

Таким образом, в настоящее время в рыбохозяйственном комплексе наблюдается недостаточный объём актуальной информации о состоянии и развитии отраслевых производственных мощностей, а также уровень её организации. Поэтому сопоставление и анализ состояния запасов водных биоресурсов и отраслевых производственных мощностей в целях проведения регулярной оценки устойчивости социально-экономического развития рыбохозяйственного комплекса, прогнозирования и планирования развития основных показателей затруднён или невозможен.

В целях решения этой задачи должна быть разработана методология и на её основе сформирована методика построения баланса эксплуатируемых объёмов запасов водных биологических ресурсов и отраслевых производственных мощностей с учётом их размещения и конъюнктуры рынков.

В процессе работы должны быть исследованы и учтены данные о наличии отраслевых производственных мощностей и их размещении в разрезе субъектов Российской Федерации и рыбохозяйственных бассейнов, конъюнктуре внутреннего и внешнего рынков, логистике рыбных товаров и возможности её развития.

Использование методики позволит определить действительную потребность рыбохозяйственного комплекса в новых производственных мощностях, а также определить их избыточную и неэффективную мощность. Будет сформирована основа для разработки стратегического планирования оптимального использования отраслевых мощностей, направленного на развитие рыбохозяйственного комплекса.

Оценка производственных мощностей позволит выполнять анализ уровня технической оснащённости

производства, выявить возможности роста эффективной эксплуатации запасов водных биоресурсов, в том числе по объёму переработки уловов водных биоресурсов, производству продукции, востребованной на рынке, и её реализации. Выявление изменений в балансе производственных мощностей и эксплуатируемых запасов водных биоресурсов позволит производить оценки изменений производственно-экономических показателей.

В качестве третьего элемента предлагается разработать инструмент для оперативного наблюдения, учёта результатов деятельности рыбохозяйственного комплекса в целях контроля и оценки уровня выполнения поставленных задач, достижения установленных целей, а также для разработки их корректировок, с учётом тенденций развития рынка рыбных товаров, влияющих на него внешних и внутренних факторов. Разработка элемента обусловлена следующими причинами.

Ресурсная часть, включая добычу водных биоресурсов и товарное выращивание объектов аквакультуры, в состоянии обеспечить сырьём производство рыбной продукции в расширенном ассортименте и достаточном объёме. Несмотря на это, потребление рыбной продукции в настоящее время остаётся на достаточно низком уровне и отстаёт от рекомендованных норм. Учитывая, что рыба и морепродукты являются диетическими продуктами, естественным природным источником веществ, необходимых для формирования и развития растущего организма, а также поддержания здоровья при наличии проблем со здоровьем сокращение их потребления в значительной степени негативно сказывается на таких группах населения как дети и люди преклонного возраста.

Вместе с тем, несмотря на неудовлетворительный уровень внутреннего потребления рыбной продукции, предложение конечному потребителю характеризуется достаточно ограниченным ассортиментом, невысоким качеством и опережающим ростом цен по отношению к росту доходов населения.

С учётом низкого внутреннего потребления рыбной продукции и довольно скудного предложения рыбных товаров на внутреннем рынке сохраняется достаточно высокий уровень экспорта рыбы и морепродуктов в виде продукции с низкой степенью переработки, что исключает развитие перерабатывающих мощностей, ускоренный рост стоимости экспорта, сокращение предложения на внутреннем рынке.

Меры и механизмы государственной поддержки и развития внутреннего рынка и внешней торговли рыбными товарами содержатся в основных программных отраслевых документах. Исходя из выше-

приведенных фактов этих мер недостаточно для реализации потенциала, имеющегося у рыбохозяйственного комплекса с учётом ресурсной обеспеченности.

В целях реализации потенциала рыбохозяйственного комплекса в обеспечении продовольственной безопасности, удовлетворения потребностей населения в рыбной продукции, популяризации здорового, а также функционального питания, способствующего гармоничному развитию населения, роста эффективности экспорта необходимы действенные механизмы и меры государственного регулирования. Их разработка должна быть выполнена с учётом многоаспектной комплексной оценки эффективности эксплуатации запасов водных биоресурсов.

На современном этапе развития рыбохозяйственного комплекса необходимо оценивать уровень удовлетворения потребностей населения в рыбной продукции и экономический эффект от реализации рыбных товаров как на внутреннем, так и на внешнем рынке. В рамках этого должна быть оценена ориентация на формирование объёмов предложений на внутреннем рынке рыбных товаров по доступным для населения [Мухамедова, Стрекалова, 2021], экономически обоснованным и справедливым ценам. Также должны быть оценены уровень сырьевой направленности экспорта и уровень экспорта продукции с высокой добавленной стоимостью. Вместе с тем, необходимо наблюдать, исследовать и анализировать возможности предприятий в росте экономической эффективности путём наращивания цепочек формирования добавленной стоимости в выпуске высококачественной рыбной продукции, которая является востребованной у всех категорий покупателей, а частота совершения покупок которой мало различается по уровню среднего дохода семьи.

Однако дифференцированный анализ указанных выше показателей невозможен из-за отсутствия эффективного инструмента их наблюдения.

В настоящее время официальная отчётность предприятий рыбохозяйственного комплекса формируется в соответствии с действующей редакцией общероссийского классификатора продукции по видам экономической деятельности (ОКПД2), утверждённого Приказом Росстандарта.²

Классификатор содержит перечень мороженой продукции по укрупнённым категориям без учёта видов водных биоресурсов. При этом объём и стоимость разных видов продукции, произведённой из разных

видов водных биоресурсов, имеют значительную разницу, что не находит отражения в статистических данных Росстата.

Так, формирование отчётности «Сведения о производстве, отгрузке продукции и балансе производственных мощностей» (форма 1-натура-БМ)³ производится на основе классификации ОКПД2 по ограниченным видам продукции и не включает в себя классификацию продукции по видам водных биоресурсов. Не предусмотрен учёт такого важного показателя как территориальное размещение производства продукции, в силу чего невозможно распределить объём производства продукции на рыболовных судах и на береговых предприятиях также невозможен учёт распределения объёма производства продукции по субъектам Российской Федерации.

Согласно методологии определения ценовых показателей на продукцию из водных биоресурсов («Средние цены производителей промышленных товаров», «Средние потребительские цены (тарифы) на товары и услуги» и т. д.), применяемой Росстатом, данные для расчёта также формируются в соответствии с классификатором.⁴ Это значит, что средние цены на рыбные товары тоже учитываются по укрупнённым категориям, что неприемлемо для объективной оценки, так как цены на разные виды продукции, произведённой из уловов разных видов водных биоресурсов, значительно отличаются.

Стоит отметить, что среднестатистическое потребление рыбной продукции определяется на основе методики Росстата, о которой говорилось выше. При этом в результатах, полученных при использовании данной методики, не учитывается распределение по видам потребляемой продукции, видам водных биоресурсов из которых она изготовлена, а также не учитывается территориальное распределение потребления, несмотря на значительную разницу в потреблении в разных регионах страны.

Таким образом, статистические данные, формируемые на основе действующего инструментария, не в полной мере отражают результаты деятельности организаций рыбохозяйственного комплекса, искажают их и делают непригодными для объективного и полного анализа ситуации при разработке и корректировке отраслевых планов, прогнозов и мер, направленных на их реализацию. Разработанные меры регулирования на основе имеющихся данных не приносят ожидаемого результата.

² Приказ Росстандарта от 31.01.2014 г. № 14-ст «О принятии и введении в действие Общероссийского классификатора видов экономической деятельности (ОКВЭД2) ОК 029–2014 (КДЕС Ред.2) и Общероссийского классификатора продукции по видам экономической деятельности (ОКПД2) ОК 034–2014 (КПЕС 2008)».

³ http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_52009/ea45f31c3632a764013c8c60a1d763181b69749/

⁴ <https://www.fedstat.ru/indicator/57606#>

С учётом приведённых недостатков действующей системы статистического наблюдения на основе проведённого анализа формируемой Росстатом отчетности разработка третьего элемента инструментария представляется возможной несколькими вариантами, в том числе на основе их синтеза.

Первый вариант заключается в доработке действующего инструментария статистического наблюдения. Однако его реализация сопряжена со значительными сложностями, связанными с процессом согласования многими органами исполнительной власти. Вместе с тем, если усовершенствованный классификатор будет утверждён и вступит в действие, то не будет обеспечена полнота и необходимая оперативность получения необходимых для анализа данных из-за отсутствия ответственности за корректность и своевременность представления отчётных данных субъектами наблюдения, а также из-за продолжительных сроков процедуры сбора данных и формирования официальных результатов.

Второй вариант совершенствования системы наблюдения показателей основан на использовании успешно реализованных автоматизированных систем, используемых для мониторинга промысловой деятельности рыболовного флота на базе Центра системы мониторинга и связи Росрыболовства,⁵ а также «Меркурия» – системы электронной сертификации и обеспечения прослеживаемости поднадзорных государственным ветеринарному надзору грузов при их производстве, обороте и перемещении по территории Российской Федерации в целях создания единой информационной среды для ветеринарии, повышения биологической и пищевой безопасности.⁶

Посредством первой из указанных выше систем осуществляется оперативный мониторинг добычи водных биоресурсов рыболовными судами, а также производство продукции из полученных уловов на рыболовных судах и другая оперативная информация. Вторая система учитывает все процессы на пути производства продукции, её перемещения и реализации.

Объединение данных этих систем дало бы возможность получать и анализировать необходимую информацию в реальном времени. Впоследствии в эту общую систему также могут быть интегрированы данные результатов научных исследований, в том числе о состоянии запасов водных биоресурсов.

С учётом взятого курса на цифровую трансформацию [Дусаева и др. 2021], утверждённого Президен-

том⁷ и Правительством России, второй вариант видится более предпочтительным и эффективным. Его реализация будет способствовать созданию отраслевой цифровой информационно-аналитической платформы с возможностью прослеживания всего процесса деятельности организаций рыбохозяйственного комплекса, начиная с научного изучения и мониторинга запасов водных биоресурсов и заканчивая детальной информацией о потреблении рыбой продукции.

Разработанный инструмент позволит на основе цифровых технологий проводить непрерывный многоаспектный анализ результатов деятельности всех сегментов рыбохозяйственного комплекса в целях оценки комплексной эффективности эксплуатации запасов водных биоресурсов, действующих мер государственного регулирования, их корректировки и формирования новых необходимых мер.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученный инструментарий в составе трёх разработанных элементов обеспечит формирование основы новой системы управления рыбохозяйственным комплексом, даст возможность в текущем периоде с учётом существующих возможностей и запросов, тенденций развития внешних и внутренних факторов моделировать характеристики основных целевых показателей развития в будущих периодах и варианты их достижения. Позволит определить:

1. Необходимый объём и состав уловов водных биоресурсов, который обеспечит уровень производства рыбной продукции в объёме и составе, достаточном для:

- удовлетворения потребностей внутреннего рынка;
- обеспечения запланированного объёма поступлений в государственные бюджеты;
- максимизации экономического эффекта частного капитала, в том числе от реализации рыбных товаров на внешнем рынке;
- сохранения и воспроизводства запасов водных биоресурсов.

То есть будет получена объективная расчётная, научно обоснованная величина объёма и состава уловов, необходимых для получения максимального комплексного эффекта при эксплуатации запасов водных биоресурсов в текущем периоде.

2. Производственные мощности, достаточные для:

⁵ ЦСМС Центра системы мониторинга рыболовства и связи. <http://cfmc.ru/> 17.05.2022.

⁶ Государственная информационная система в области ветеринарии. <https://www.vetrif.ru/> 17.05.2022.

⁷ Указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы». <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919>

- обеспечения добычи водных биоресурсов в требуемом объёме и видовом составе;
- производства продукции аквакультуры в необходимом объёме и видовом составе;
- переработки полученных уловов и производства требуемых видов продукции в нужных объёмах;
- транспортировки произведённой продукции в места потребления и её хранения до момента реализации.

Исходя из объёма и состава уловов, которые обеспечат эффективную эксплуатацию запасов водных биоресурсов, территориальных особенностей, потребительских привычек и возможностей, запросов внешнего рынка будет определён необходимый оптимальный объём, состав, и территориальное размещение производственных добывающих, перерабатывающих мощностей, а также мощностей по хранению и транспортировке.

3. Достаточность принимаемых мер, направленных на рост комплексной эффективности эксплуатации запасов водных биоресурсов. Оперативную корректировку и совершенствование действующих мер.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБНУ «ВНИРО».

ЛИТЕРАТУРА

- Артеменков Д. В. 2017. К возможности применения биоэкономического подхода в оценке промысла северо-восточной арктической трески (*Gadus morhua*) // Мат. V Науч.-практ. конф. молодых ученых с межд. участием. «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса». М.: Изд-во ВНИРО. С. 13–17.
- Бетин О. И., Титова Г. Д. 2022. Научное обеспечение опережающего развития морского промышленного рыболовства:

проблемы и их решение // Вопросы рыболовства. Т. 23. № 1. С. 117–131.

Волошин Г. А., Кричевский С. В. 2014. Регулирование устойчивого развития морского промышленного рыболовства в России. М.: Проблемы и перспективы. 216 с.

Дусаева Е. М., Труба А. С., Курманова А. Х. 2021. Обеспечение устойчивого развития рыбохозяйственного комплекса России в условиях цифровизации // Вопросы рыболовства. Т. 22. № 3. С. 125–140.

Колончин К. В. 2022. На пути к устойчивому развитию морского промышленного рыболовства // Вопросы рыболовства. Т. 23. № 1. С. 5–15.

Мухамедова Т. О., Стрекалова Т. С. 2021. Анализ уровня экономической доступности продовольствия населению Российской Федерации // АПК: экономика, управление. № 9. С. 14–22.

REFERENCES

Artemenkov D. V. 2017. To the possibility of applying a bioeconomic approach in assessing the fishery of northeastern Arctic cod (*Gadus morhua*) // «Modern problems and prospects for the development of the fishery complex». V Scient. and pract. conf. of young scientists with intern. participation. VNIRO Publish. P. 13–17. (In Russ.).

Betin O. I., Titova G. D. 2022. Scientific support for the advanced development of marine industrial fisheries: problems and their solution // Fisheries issues. V. 23. No. 1. P. 117–131.

Voloshin G. A., Krichevsky S. V. 2014. Regulation of sustainable development of marine industrial fisheries in Russia. Moscow: Problems and prospects. 216 p. (In Russ.).

Dusaeva E. M., Truba A. S., Kurmanova A. Kh. 2021. Ensuring sustainable development of the fishery complex of Russia in the context of digitalization. Fisheries issues // V. 22. № 3. P. 125–140. (In Russ.).

Kolonchin K. V. 2022. Towards sustainable development of marine industrial fisheries // Fisheries issues. V. 23. No. 1. P. 5–15. (In Russ.).

Mukhamedova T. O., Strekalova T. S. 2021. Analysis of the level of economic availability of food to the population of the Russian Federation // Agro-industrial complex: economics, management. № 9. P. 14–22. (In Russ.).

Поступила в редакцию 12.08.2016 г.
Принята после рецензии 26.08.2022 г.



История

К 100-летию научно-исследовательского судна «Персей» (1922–2022 гг.)

К.М. Соколов, Т.Е. Пашкова, А.Н. Бензик

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

E-mail: sokol_km@pinro.ru

Сто лет назад, 7 ноября 1922 г., был поднят флаг на «Персее» – первом советском морском научно-исследовательском судне. Создание и последующая эффективная работа «Персея» явились продолжением научных работ, начало которым было положено деятельностью Мурманской научно-промысловой экспедиции в Баренцевом море на судне «Андрей Первозванный». Сложная экономическая и политическая ситуация в России в начале двадцатых годов XX века требовали незамедлительного хозяйственного освоения Баренцева моря. Для этой цели создали специализированный морской институт, призванный осуществлять комплексные рыбопромысловые исследования. Создание корабля, его работа, значимость исследований – это целый пласт истории отечественной рыбохозяйственной науки. «Персей» проработал 18 лет и совершил 90 рейсов в Белое, Баренцево, Карское и Гренландское моря. В экспедициях «Персея» принимало участие большое количество учёных, он стал школой для будущих академиков, руководителей крупных научных учреждений и организаторов науки. Экспедиционный семизвёздный синий флаг на судне подняли 1 февраля 1923 г. Впоследствии эта эмблема стала символом всей рыбохозяйственной науки России. В память о своём легендарном предшественнике флагманские научно-исследовательские суда назывались «Персей-2» и «Персей III». Мы очень надеемся, что воды Баренцева моря увидят ещё не один исследовательский корабль под этим именем и славным семизвёздным флагом.

Ключевые слова: научно-исследовательское судно, Баренцево море, научно-исследовательский институт, рыбный промысел, флаг.

To the 100th anniversary of the research vessel «Persey» (1922–2022)

Konstantin M. Sokolov, Tatiana E. Pashkova, Alexander N. Benzik

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

A hundred years ago, on 7 November 1922, the Soviet flag was raised on the first Soviet marine research vessel «Persey». The creation of «Persey» and its efficient operation in the following years were a continuation of the research work, which was initiated by the activities during the Murmansk research and fishing cruise in the Barents Sea on board the vessel «Andrei Pervozvanny». The tough economic and political environment in Russia in the early 1920s required an undelayed development of the Barents Sea. For this special purpose, a marine institute was established to carry out comprehensive studies on fisheries. The construction of the vessel, its operation, the importance of research activities are entire sections in the history of the Russian fisheries science. «Persey» was operated for 18 years and the vessel was on 90 research cruises in the White, Barents, Kara and Greenland Seas. A large number of scientists participated in research cruises onboard «Persey»; those cruises were a training ground for future academicians, heads of large scientific institutions and managers in science. The seven-star blue flag that was carried on research cruises was raised on the vessel on 1 February, 1923. Afterwards, this logotype became the symbol for the Russian fisheries science. In memory of their legendary predecessor, the research vessels were called «Persey 2» and «Persey III». We really hope that more research vessels with the famous seven-star flag onboard will operate in the Barents Sea.

Keywords: research vessel, Barents Sea, research institute, fisheries, flag.

Научно-исследовательское судно (НИС) «Персей» навсегда вошло в историю отечественной науки о море как первое советское научно-исследовательское судно. Однако говорить о нём, о его роли в рыбохозяйственных исследованиях, невозможно без упоминания о том, что предшествовало и что за ним последовало.

ПРЕДШЕСТВЕННИКИ

В 1899 по 1908 гг. в Баренцевом море работала Мурманская научно-промысловая экспедиция, для которой было построено специальное судно, «Андрей Первозванный». Экспедиция проходила в два этапа. Первый этап (1899–1901 гг.), ставший началом рыбохозяйственных исследований на Севере России, носил исключительно научный характер, им руково-

дил Н.М. Книпович. Изучалось всё: планктон, бентос, ихтиофауна, температурный режим, течения, грунты и многое другое. Результаты опровергли существовавшую долгие годы точку зрения о малой продуктивности и бедности вод Баренцева моря. В 1900 г. впервые был выполнен океанографический разрез «Кольский меридиан», работы на котором выполняются в настоящее время уже 122 года. Было показано, что море богато рыбой и возможен успешный, технически прогрессивный траловый промысел, который к тому времени уже получил широкое распространение в Западной Европе. Второй этап (1902–1908 гг.), в котором решались социальные вопросы, связанные с жизнью поморов, проходил под руководством известного полярного исследователя Л.Л. Брейтфуса.

Н.М. Книповичу принадлежат идея и практическое развитие отечественного тралового промысла рыбы: первый трал с НИС «Андрей Первозванный» в Баренцевом море был спущен 27 мая 1899 г. Все материалы экспедиции оперативно печатались как в России, так и за рубежом. Это послужило причиной того, что с 1903 г. в Баренцево море стали приходить тральщики Германии, Голландии, Швеции, Англии. Особенно преуспели англичане — за период с 1906 по 1913 гг. они совершили 1285 рейсов, главным образом, для промысла камбалы. Появились и первые русские рыбопромышленники, освоившие траловый промысел: так, у К.Ю. Спаде в 1912 г. уже было четыре судна, и он намеревался значительно увеличить флот и создать ремонтную и перерабатывающую базы.

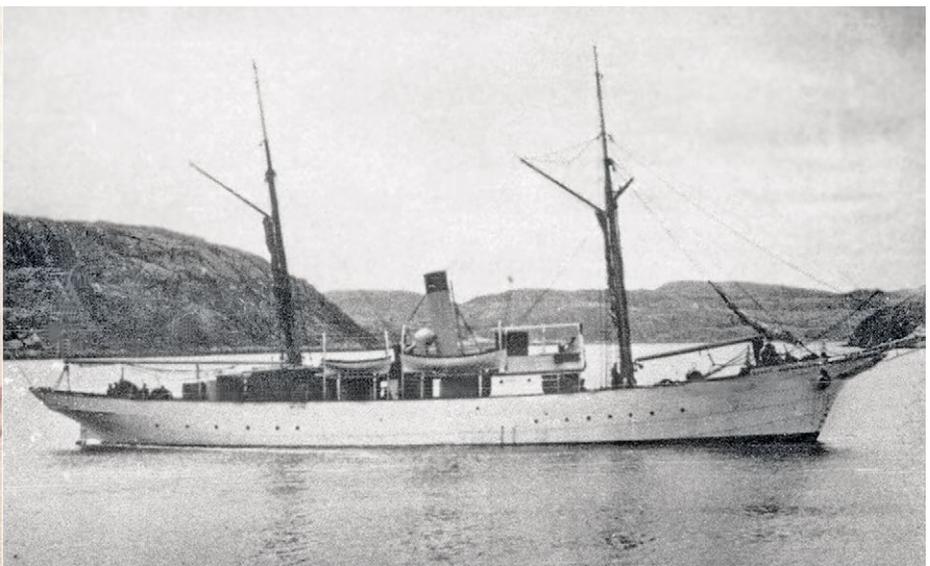
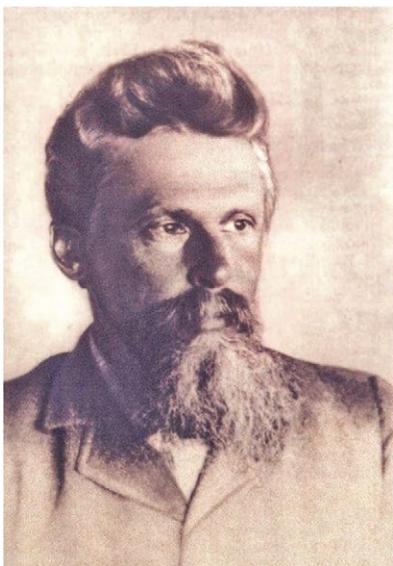
С 1904 г. Н.М. Книпович переключил своё внимание на изучение южных морей России: в 1904–1915 гг. он проводил экспедиции на Каспии, а затем,

в 1922–1927 гг., провёл Азово-Черноморскую научно-промысловую экспедицию.

В июле 1914 г. началась Первая мировая война, затем, в октябре 1917 г. — революция, далее — гражданская война. Все эти политические катаклизмы ввергли всю Россию в хаос и запустение. Кроме того, северные территории испытали интервенцию и белое движение. И когда в феврале 1920 г. на Русском Севере установилась советская власть, по словам известного мурманского историка, профессора А.А. Киселёва, Кольский полуостров представлял собой «мёртвую зону».

Но у советского правительства был план восстановления народного хозяйства северных регионов. Уже в марте 1920 г. была создана Северная научно-промысловая экспедиция (Севэкспедиция), которой руководил Р.Л. Самойлович, а главная задача состояла в изучении производительных сил северных территорий и реализация исследований в практику народного хозяйства. Первоочередной задачей для Севэкспедиции стало развитие морского рыболовства на Кольском Севере. Баренцево море, по сути дела, было бесхозным, здесь хозяйничали иностранцы.

В рамках Севэкспедиции группа учёных во главе с профессором Московского университета И.И. Месяцевым обратилась к главе государства — Председателю Совета Народных Комиссаров РСФСР В.И. Ленину с докладной запиской, в которой детально изложила план хозяйственного освоения Баренцева и других северных морей. Основная мысль учёных сводилась к созданию специализированного научно-исследовательского института, призванного осуществлять комплексные, систематические, планомерные



Николай Михайлович Книпович (1862–1939 гг.) и научно-исследовательское судно «Андрей Первозванный» (1899–1908 гг.)



Иван Илларионович Месяцев (1885–1940 гг.)

рыбопромысловые морские исследования. Таким институтом, согласно Декрету от 10 марта 1921 г., подписанному В.И. Лениным, стал Плавучий морской научный институт – Плавморнин, его директором назначили И.И. Месяцева. Научная база Плавморнина располагалась в Москве, а экспедиционная – в Архангельске.

Одновременно с созданием Плавморнина встал вопрос о морских экспедициях. Несмотря на организационные трудности, самая первая экспедиция института состоялась в августе-сентябре 1921 г. на ледокольном пароходе «Малыгин». В ней участвовали многие видные учёные, но у ледокола были свои задачи по проводке судов из Карского моря в Архангельск, поэтому не вся намеченная научная программа оказалась выполненной. С явной очевидностью встал вопрос о необходимости иметь собственное судно.

ИСТОРИЯ «ПЕРСЕЯ»

Из-за финансовых проблем купить или построить новое судно институт не мог. Казалось бы, ситуация неразрешимая, но помог случай. Стало известно, что в Лайском доке Архангельска находится недостроенная деревянная зверобойная шхуна под названием

«Персей», точнее – её корпус. Шхуна принадлежала Северной научно-промысловой экспедиции. Директор Плавморнина и сотрудники института решили превратить этот «недострой» в научно-исследовательское судно со всеми необходимыми для исследований приборами и орудиями лова.

Прежде всего, руководству Плавморнина необходимо было произвести все формальности и добиться передачи шхуны институту. Произошло это событие 10 января 1922 г., согласно постановлению Совета Труда и Оборона РСФСР. Основные моменты, связанные с созданием судна и проведением его первых экспедиций вплоть до 1933 г., очень живо и образно переданы в книге «Под звёздным флагом Персея», одного из первых сотрудников Плавморнина и непосредственного участника событий В.А. Васнецова.

Для достройки «Персея» Архангельский судоремонтный завод предоставил мастерские и место для стоянки у своего причала, но отказался производить какие-либо работы. Институту пришлось самостоятельно организовать постройку судна силами архангельских корабелов. Кроме того, в процессе создания своего корабля самое активное участие принимали сотрудники Плавморнина. Архангельские инженеры В.Н. Цапенко и А.С. Воронич разработали проект перестройки шхуны в экспедиционное судно с учётом пожеланий сотрудников института. Все корпусные работы производились под руководством опытного специалиста по деревянному судостроению В.Ф. Гостева, который ещё 1917 г. начинал постройку шхуны. Корабелы объявили работу ударной.

«Персей» был задуман шхуной зверобойного типа. Корпус корабля, при создании которого использовался опыт постройки и эксплуатации знаменитого «Фрама» норвежского полярного исследователя Ф. Нансена, был хорошо защищен от встреч со льдами. Это не очень благоприятно сказалось на мореходности – из-за конструктивных особенностей корпуса при плавании в открытом море судно подвергалось очень сильной качке. Паровую машину сняли с затонувшего буксира «Могучий», также принадлежавшего бывшему владельцу «Персея». Электрооборудование, навигационные приборы, иллюминаторы, мебель для кают-компании брали с отслуживших свой срок военных и гражданских кораблей. Что касается научных приборов, то большую их часть изготовили архангельские мастера по чертежам, взятым из книг, как, например, батометры Нансена, служившие океанологам много лет.

Всего на судне было устроено семь лабораторий: две на корме и пять в носовой части судна. Имелись траловая лебёдка и лебёдки для различных приборов.



Научно-исследовательское судно «Персей»

В целом, корабль был хорошо оснащён для комплексных морских исследований. Запас угля позволял находиться в рейсе до 30–32 суток, однако, запас пресной воды лимитировал продолжительность рейса до 15–17 суток. Для продления рейса участники экспедиций специально выходили на берег, используя любую возможность восполнить запас чистой пресной воды из многочисленных ручьёв и речек.

Основные параметры судна, следующие:

длина	– 41,5 м;
ширина	– 8,0 м;
осадка	– 3,2 м;
водоизмещение	– 550 т;
мощность главного двигателя	– 360 л. с.;
площадь парусов	– 185 м кв.;
скорость	– до 7,5 узлов.

Экипаж судна насчитывал 24 человека, научная группа могла состоять из 16 человек. Корабль имел также парусное вооружение, паруса иногда использовались по прямому назначению – в качестве движителя.

Интересно отметить, что при постройке корабля не было привычных нам ныне бухгалтерских смет и других официальных документов. В основном, все делалось очень оперативно, без проволочек, с устным согласованием. Большую роль играл личный энтузиазм, уже накопленный к тому времени опыт морских исследований, благодаря этому корабль и был создан за короткое время.

Государственный флаг на корабле подняли 7 ноября 1922 г. В связи с этим событием в Москву Пред-

седателю ВЦИК М.И. Калинину была отправлена телеграмма: «...Плавучий морской институт в Архангельске сегодня, в день пятой годовщины Октябрьской революции закончил постройку и оборудование научного судна «Персей» – одного из лучших судов такого назначения в мировом масштабе». Капитаном судна был Павел Ильич Бурков.



С 1923 г. началась экспедиционная деятельность НИС «Персей». До 1928 г. институт базировался в Архангельске. Между тем, растущие потребности рыбной промышленности требовали круглогодичных исследо-

ваний в Баренцевом море. НИС «Персей» в тот период был единственным судном Плавморнина, и проводить исследования на нем в Баренцевом море институт мог только после освобождения Белого моря ото льда. В 1929 г. путём объединения Плавморнина и Мурманской биологической станции был создан Государственный океанографический институт (ГОИН), который располагался в городе Александровск на берегу незамерзающей Екатерининской гавани Кольского залива Баренцева моря. Так появилась возможность проводить круглогодичные исследования.

У ГОИН уже было несколько судов, ранее принадлежавших Мурманской биологической станции, и НИС «Персей», как лучшее из них, приобрело почётный статус – флагман научно-исследовательского флота. В 1934 г., после нескольких реорганизаций в отрасли, в Мурманске приступил к работе Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии, с широко известной в рыбохозяйственной науке аббревиатурой – ПИНРО.

За 18 лет (1923–1941 гг.) своей научной работы НИС «Персей» совершил 90 рейсов в Белое, Баренцево, Карское и Гренландское моря. В 1932–1933 гг. он участвовал в исследованиях по программе Второго Международного полярного года (2МПГ), причём, Советский Союз стал единственной страной, выполнившей все взятые на себя обязательства. В 1935 г. на НИС «Персей» совместно с НИС «Николай Книпович» была выполнена первая океанографическая съёмка всей южной части Баренцева моря, её результаты высоко оценил организатор съёмки – Н.М. Книпович.

Особо следует отметить, что в 20–30-е гг. XX века в Полярном институте была разработана программа постоянного систематического изучения гидрологического режима Баренцева моря, планктона и бентоса, различных геологических характеристик рельефа дна. Подавляющая часть данных была собрана на НИС «Персей». По сути, экспедиции на НИС «Персей» заложили основу наших современных знаний о Баренцевом море.

За 18 лет эксплуатации на НИС «Персей» отработало множество людей, и все они, будучи членами экипажа или в составе научной группы, были объединены одним общим делом – проводить исследования и поднимать научный престиж института. Организатор Полярного института И.И. Месяцев руководил тридцатью научными рейсами. Начальниками рейсов в экспедициях «Персея» были будущие академики АН СССР, члены-корреспонденты, руководители крупных научных учреждений и основоположники целых научных направлений, такие как Н.Н. Зубов, Л.А. Зенкевич, С.А. Зернов, М.В. Клёнова, А.И. Россолимо, А.А. Шо-

рыгин, В.К. Солдатов, В.В. Шулейкин, Б.К. Флёров, В.Г. Богоров, С.В. Бруевич, Т.Л. Горшкова, Н.А. Маслов, Ю.Ю. Марти, И.Г. Юданов и др. НИС «Персей» стал пре-красной школой для нескольких поколений учёных.

20-е гг. прошлого века были овеяны романтикой, светлыми мечтами и верой в будущее. В свободное от работы время участники экспедиций сочиняли стихи и песни, посвящали их своей работе и судну. Эти стихи и песни сохранились благодаря собранному и сохранившемуся рукописному сборнику, а авторы определили его издательство как «Персиздат», подпалубная типография. Репринтное издание этой рукописи было выпущено под названием «Песни Персея». Выдающийся геолог-исследователь С.В. Обручев в 1925 г. написал «Гимн Персея», исполнявшийся на мотив песни «Мы кузнецы».

На звёздном поле воин юный
С Медузой страшною в руках,
С ним вместе нас ведёт фортуна,
И чужд опасности нам страх.

Сквозь зыбь волны открыт «Персею»
Весь тайный мир морского дна,
Вперёд, «Персей», на норд смелее –
Земля там Гарриса видна.

В тумане слышен вой сирены
И плещут волны через борт,
Слепит глаза седая пена,
А все ж у нас на румбе норд.

Пусть шторм нас девять дней швыряет
И в клочья рвёт нам кливера,
Мы путь на север направляем,
Тверда штурвального рука.

Со всех сторон стеснились льдины,
Грозят «Персея» раздавить.
Дрожит весь корпус – миг единый,
Ещё удар – и путь открыт.

Нам с кромки льда тюлень ленивый
Кивает круглой головой...
Скорее штурман, мимо, мимо,
На север путь мы держим свой.

И выпел гордый пусть «Персея»,
Рой звёзд и неба синева,
Над всем полярным миром реет
Сегодня, завтра и всегда.

НИС «Персей» активно работал 18 лет, вплоть до 1941 г. Когда началась Великая Отечественная война, все суда ПИНРО, в том числе и «Персей», были мобилизованы в Военно-Морской флот. «Персей» погиб 10 июля 1941 г. в губе Эйна Мотовского залива у южного побережья п-ова Рыбачий. Корабль подвергся налёту немецкой авиации во время перевозки воен-

ных грузов для защитников п-ова Рыбачий. На судне начался пожар, и оно затонуло. Разбитый остов корабля в полузатопленном состоянии ещё долго оставался у берега в губе Эйна, пока не был убран военными. В годы войны корпус затонувшего «Персея» использовался в качестве основания для причала. И «Персей» продолжал служить фронту ещё тысячу сто шестьдесят дней. В экспозиции истории ПИНРО хранится модель «Персея» и фрагменты корпуса судна.

СОЗВЕЗДИЕ ПЕРСЕЯ

Инициатором создания и автором экспедиционного флага был сотрудник института – Владимир Михайлович Голицын. Именно он, в канун 1922 года, когда на «Персее» уже был поднят Государственный флаг и готовилась первая экспедиция, предложил создать собственный флаг института.

Основой замысла В.М. Голицына стало название корабля, данное в честь отважного мифологического героя. Как пишет В.А. Васнецов: «Персей – это символ победы, добра и света над злом и тьмой. Так и корабль «Персей», не боясь опасностей, должен был исследовать океан, приподнять тёмную завесу незнания». В.М. Голицын расположил на синем фоне семь главных звёзд созвездия Персея. Поначалу полотнище имело прямоугольную форму и несло аббревиатуру Плавморнина – ПМНИ. В дальнейшем внешний вид флага несколько изменился, и он приобрёл современные, легко узнаваемые очертания.

Как наследники Плавморнина этот флаг и эмблему получили многие морские институты системы Минрыбхоза, а в настоящее время под ними объединены уже все научные рыбохозяйственные учреждения страны, и семизвёздный синий флаг стал эмблемой всей рыбохозяйственной науки России.

СЛЕДУЮЩИЕ «ПЕРСЕИ»

С гибелью «Персея» история этого славного имени не закончилась: в ПИНРО много лет несли научную вахту сначала «Персей-2», а затем и «Персей III».

«Персей-2» – переоборудованный в исследовательское судно трофейный немецкий минный тральщик, приступил к работе в 1949 г. «Персей-2» был тем судном, на котором впервые отработывались многие отечественные технические новинки, появившиеся в рыбной отрасли в 50-х гг. XX века (обитаемый подводный аппарат, гидроакустические приборы). Судно находилось в эксплуатации 18 лет и совершило 176 рейсов. «Персей-2» как и его предшественник – первый «Персей», стал прекрасной школой для начинающих и уже известных учёных.



В 60-х гг. XX века Минрыбхоз СССР поставил перед отраслью большие задачи по изысканию и изучению новых районов и объектов промысла, что потребовало повышения качества и численности научно-исследовательского флота. Руководство отрасли специально для бассейновых институтов заказало Херсонскому судостроительному заводу постройку



Первоначальное изображение флага (1923 г.) и В.М. Голицын

пяти кораблей в корпусах больших морозильных рыболовных траулеров (БМРТ) типа «Маяковский». Первое научно-исследовательское судно «Академик Книпович» было передано во ВНИРО, второе – в 1968 г. поступило в ПИНРО и в соответствии с традицией названий флагманских судов института получило имя «Персей III». Это судно использовали, главным образом, в длительных экспедициях в районы Северо-Западной Атлантики, где проводились широкомасштабные ихтиологические и океанологические исследования. В 1975 г. впервые в отечественной рыбохозяйственной практике на НИС «Персей III» успешно проведены промысловые траления на глубинах до 2500 м. За годы эксплуатации с 1968 по 1991 гг. по программам ПИНРО судно осуществило 50 рейсов, в которых участвовали практически все ведущие исследователи ПИНРО.



Экспедиционному судну «Персей» посвящено много публикаций. Во времена СССР любая публикация об отечественных морских исследованиях содержала упоминание о НИС «Персей». В ряде музеев страны имелись не только модели судна, но даже отдельные специальные тематические экспозиции.

Наступившие после распада Советского Союза в 1991 г. новые времена не должны изменить отношение к нашему прошлому. Своей публикацией, посвящённой столетнему юбилею НИС «Персей», мы отдаём долг памяти этому легендарному судну и хотим ещё раз напомнить об истоках великих дел. Не остановить быстротекущее время, но остаётся уважение и бесконечная признательность нашим предшественникам.

Мы очень надеемся, что третий «Персей» не будет последним, и воды Баренцева моря увидят и 4-й, и 5-й исследовательские корабли под славным звёздным флагом.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в порядке личной инициативы, без дополнительного финансирования.

ЛИТЕРАТУРА О ПЕРСЕЕ

- Месяцев И.И. 1926. Техническое описание экспедиционного судна «Персей» // Труды Плавучего морского научного института. Т. 1, вып. 1. С. 43–58.
- Васнецов В.А. 1974. Под звёздным флагом «Персея». Л.: Гидрометеиздат. 280 с.
- Киселёв А.А. 1974. Родное Заполярье: очерки истории Мурманской области (1917–1972 гг.). Мурманск: Кн. изд-во. 511 с.
- Васнецов В.А. 1977. Повести Северных морей. Л.: Гидрометеиздат. 120 с.
- Под семизвёздным синим флагом. 1981. / ред.: В.П. Пономаренко; А.П. Алексеев; Ю.Ю. Марти; К.Г. Константинов; В.Я. Шашков; М.Я. Яковенко. Мурманск: Кн. изд-во, 136 с.
- Пономаренко В.П., Алексеев А.П., Трояновский Ф.М., Кудрин Б.Д. 1999. Под знаком «Персея» – в новое тысячелетие // Рыбное хозяйство. Спец. вып. С. 41–44.
- Заферман М.Л., Мухин А.И. 2002. Научный флот ПИНРО. 2-е изд., перераб. и доп. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 64 с.
- Песни «Персея». 2004. Репринтное издание рукописи 1950. М.: Изд-во ВНИРО. 97 с.

Поступила в редакцию 13.08.2022 г.



Информация. Экспедиции ВНИРО

Исследования тихоокеанского морского окуня и северного однопёрого терпуга в водах восточного побережья Камчатки в феврале-апреле 2022 г.

А.В. Согрина, Е.В. Ведищева, Г.Ю. Головатюк, Н.П. Антонов

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

Цель: получить данные о биологии, распределении и численности тихоокеанского окуня-клювача, северного однопёрого терпуга, видов прилова, провести мониторинг водных биоресурсов.

Метод: в ходе специализированного лова проводился сбор промысловой информации и ихтиологические работы по общепринятой методике.

Новизна: экспедиционные работы являются продолжением многолетних научных исследований по изучению состояния промысловых популяций ценных видов рыб западной части Берингова моря и Восточной Камчатки.

Результаты: скопления тихоокеанского окуня отмечали в районе хребта Ширшова, м. Африка, м. Кроноцкий, о. Беринга, уловы в среднем составили 2,5–2,8 т/ч траления. Средняя длина окуня-клювача уменьшалась с севера на юг от 37,2 см до 34,3 см, масса – от 718,8 г до 503,4 г. Основные скопления северного однопёрого терпуга были отмечены в районе м. Олюторский, м. Африка и м. Кроноцкий. Средние значения уловов варьировали от 1,82 до 5,67 т/ч траления. Длина терпуга составляла 37,9–40,8 см при массе 618,3–842 г.

Практическая значимость: результаты работы будут учтены при разработке и корректировке материалов прогноза общего допустимого и рекомендованного вылова и рекомендаций по эффективному промыслу.

Ключевые слова: тихоокеанский морской окунь *Sebastes alutus*, северный однопёрый терпуг *Pleurogrammus monopterygius*, виды прилова, промысловые скопления, Восточная Камчатка, Берингово море.

Pacific ocean perch and Atka mackerel research in the water of Eastern Kamchatka in February-April 2022

Anastasiya V. Sogrina, Elena V. Vedischeva, Galina Y. Golovatyuk, Nikolaj P. Antonov

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

The aim: obtain data on the biology, distribution and abundance of the Pacific ocean perch, Atka mackerel, by-catch species, and monitor aquatic biological resources.

The methods: in the course of specialized fishing, fishing information was collected and ichthyological work was carried out according to the generally accepted methodology.

The newness: expeditionary work is a continuation of many years of scientific research on the state of commercial populations of valuable fish species in the western part of the Bering Sea and Eastern Kamchatka.

The results: concentrations of Pacific perch were noted in the area of the Shirshov Ridge, Cape Africa, Cape Kronotsky, Bering Island, where the average catch was 2,5–2,8 tons/hour trawling. The average length of the Pacific perch decreased from north to south from 37.2 cm to 34.3 cm, weight – from 718.8 g to 503.4 g. The main concentrations of the Atka mackerel were noted in the area of Cape Olyutorsky, Cape Afrika and Cape Kronotsky. Average catches ranged from 1.82 to 5.67 tons/hour trawling. The length of the Atka mackerel was 37.9–40.8 cm with a weight of 618.3–842 g.

The practical significance: the results of this work will be taken into account when developing and updating materials for forecasting the total allowable and recommended catch and recommendations for efficient fishing.

Keywords: Pacific ocean perch *Sebastes alutus*, Atka mackerel *Pleurogrammus monopterygius*, by-catch species, commercial accumulations, Eastern Kamchatka, Bering Sea.

Мониторинг промысла терпуга, морских окуней и прилова вели в соответствии с планом ресурсных исследований и государственного мониторинга водных биоресурсов ФГБНУ «ВНИРО» на 2022 г. с 28 февраля по 17 апреля 2022 г. на борту среднетоннажного рыболовного морозильного траулера РТМ П-0697 «Камлайн», оснащённого донным тралом

SELSTAD 810 48M GEAR (судовладелец – ООО «Росрыбфлот»). Судно работало в промысловом режиме на шельфе и верхней части материкового склона восточного побережья Камчатки и западной части Берингова моря.

Промысловая ситуация в течение рейса была устойчивой, штормовая и ледовая обстановка не по-

зволюли вести работы в регулярном режиме. В течение суток судно выполняло от 1 до 4 тралений, продолжительность которых варьировала от 1 часа 10 минут до 15 часов, в среднем 3 часа 35 минут. Температура воды на горизонте лова изменялась от -1,5 до 4,2 °С. Траления проводились в диапазоне глубин от 120 до 500 м.

Всего были выполнены и проанализированы 62 траления, из них: в Петропавловско-Командорской подзоне – 19 в координатах 54°02'-56°12' с. ш. и 162°13'-163°38' в. д. (глубины 120–400 м), в Карагинской подзоне – 28 тралений в координатах 56°08'-56°23' с. ш. и 163°24'-169°36' в. д. в горизонтах лова 130–250 м; в Западно-Беринговоморской зоне – 15 тралений в координатах 59°11'-60°43' с. ш. и 170°15'-174°37' в. д. (глубины 140–500 м).

Объём собранного материала представлен в табл. 1. Кроме материала, характеризующего биологическое состояние объектов исследования, были отобраны пробы на трофологический, генетический, паразитологический и гистологический анализы.

Основными объектами промысла были северный одноперый терпуг, тихоокеанский окунь-клевач и тихоокеанская треска, а также виды прилова: тихоокеанский белокорый палтус, азиатский стрелозубый палтус, северный морской окунь, шипощёки, малоглазый макрурус. За период рейса в уловах отмечены 6 видов промысловых беспозвоночных и 33 вида рыб, принадлежащих к 14 семействам. Наиболее широко представлено семейство морских окуней *Sebastes* (7 видов) и камбаловых *Pleuronectidae* (9 видов).

Тихоокеанский морской окунь (окунь-клевач) *Sebastes alutus* (Gilbert, 1890). Уловы были во всех исследуемых промысловых районах, но наиболее крупные скопления были сосредоточены в Западно-Беринговоморской зоне.

Максимальный улов окуня-клевача в Западно-Беринговоморской зоне составил 5,3 т/ч за траление, в среднем – 2,8 т/ч траления. Производительность среднесуточных уловов *S. alutus* менялась от 3,6 до 7,6 т, составляя в среднем 5,6 т, доля в уловах достигала 98%. Глубины лова – от 280 до 320 м. В Карагинской подзоне улов окуня-клевача в среднем составил 0,25 т/ч за траление, среднесуточный улов менялся от 0,035 до 1 т, составляя в среднем 0,52 т. При этом доля этого вида в уловах в среднем составила 2,75%. Лов производился на глубине 250–400 м. Среднесуточные уловы окуня-клевача в Петропавловско-Командорской подзоне менялись от 0,01 до 0,6 т, составляя в среднем 0,25 т в сутки, улов за час траления в среднем был 0,1 т, доля клева в уловах варьировала от 0,1 до 20,0%, в среднем – 6,86%. Глубины лова находились в диапазоне 150–250 м.

Длина тихоокеанского окуня-клевача в Западно-Беринговоморской зоне варьировала от 19 до 47 см, при средней длине 37,2 см. Длина самок находилась в пределах от 19 до 47 см, средняя длина самок составила 38,3 см (модальные группы 33–34 см и 37–38 см). Длина самцов варьировала от 22 до 42 см, в среднем – 35,5 см (модальная группа 32–33 см). Вес самок находился в пределах 80–1440 г, в среднем –

Таблица 1. Объём собранного материала в период проведения специализированного промышленного лова на РТМ «Камлайн» в феврале-апреле 2022 г.

Table 1. The volume of material collected during the period of specialized industrial fishing on the RTM "Camline" in February-April 2022

Вид	БА	Возраст	Гистология	Паразитология	Генетика
Северный одноперый терпуг	2293	859	34	20	-
Тихоокеанский окунь-клевач	1072	645	76	95	408
Белокорый палтус	333	333	74	77	273
Чёрный палтус	11	11	8	1	10
Азиатский стрелозубый палтус	226	72	12	10	
Северный окунь	28	17	6	4	28
Шипощёк аляскинский	20	20	10	2	20
Шипощёк длинноперый	1	-	-	-	-
Макрурус малоглазый	94	61	12	3	-
Треска тихоокеанская	151		37	36	-
Голубой морской окунь	97	68	23	17	19
Бурый морской окунь	16	16	13	4	16
Многоиглый морской окунь	3	3	3	-	3

798,4 г, вес самцов – 120–1060 г, в среднем – 591,9 г. Модальные группы по массе приходились на самок в пределах 700–850 г, для самцов – 600–650 г. Масса самок окуня-клювача в Западно-Беринговоморской зоне без внутренностей в среднем составила 718,8 г, а самцов – 550,8 г. Большинство самок в Западно-Беринговоморской зоне находились на VIII (перед выметом личинок) и VII (пигментация глазка) стадиях зрелости гонад, что составило 88,2% и 4,3%, соответственно. Большинство самцов (80,6%) имели гонады III стадии зрелости, 11,0% – IV стадии, неполовозрелые самцы встречались в 8,0% случаях.

В водах восточного побережья Камчатки окунь-клювач характеризовался меньшими размерами. Длина рыб в Карагинской подзоне варьировала от 23 до 43 см, при средней длине 35,3 см. Средний размер самок составил 35,9 см, а самцов – 34,9 см. Масса окуня-клювача Карагинской подзоны варьировала от 140 до 1440 г, в среднем составляя 518,8 г, среди них средняя масса самок была 564 г, самцы были немного меньше – 493 г. Соотношение самок и самцов составило 35,9% и 64,1%. Самцы, в основном, находились на III стадии зрелости гонад (85,1%), а самки на IV – 42,0%. В Карагинской подзоне отмечали самок III и IV стадиях созревания гонад, что составило 22,0% и 27,0%, соответственно (табл. 2).

Размеры окуня-клювача в Петропавловско-Командорской подзоне изменялись от 19 до 46 см у самок (в среднем – 35,0 см), длина самцов составила 21–40 см (в среднем – 33,5 см). Масса рыб варьи-

ровала от 80 до 1240 г, в среднем составляя 513,2 г. Соотношение полов составило 56,5: 43,5% в пользу самок. Большинство самцов находились на III стадии созревания гонад (72,3%). Основная часть самок имела гонады III, IV и VI, что составило 19,7%, 29,5% и 23,0%, соответственно.

Рыбы с нитевидными гонадами встречались во всех районах, их доля увеличивалась с севера на юг – от 0,4% в Западно-Беринговоморской зоне до 0,6% в Карагинской и 0,9% в Петропавловско-Командорской подзонах. У всех экземпляров окуня-клювача с нитевидными гонадами отмечали большое количество жира в брюшной полости.

В период проведения работ *S. alutus* слабо питался, средний балл наполнения желудков самок и самцов в Западно-Беринговоморской зоне и Карагинской подзоне составил 0,2 балла, в Петропавловско-Командорской – 0,4 балла. Основу питания составляли эвфаузииды, калянусы, рыба.

Северный однопёрый терпуг *Pleurogrammus monopterygius* (Pallas, 1810). Отмечали снижение уловов с юга на север, скопления терпуга в Западно-Беринговоморской зоне были наиболее разреженными.

Уловы в Петропавловско-Командорской подзоне находились в пределах от 0,7 до 17,3 т/ч траления, в среднем – 5,67 т/ч траления. Суточные уловы менялись от 8,4 до 69,5 т (в среднем – 34,88 т). В Карагинской подзоне уловы варьировали в пределах от 0,3 до 7,5 т/ч траления, в среднем – 3,75 т/ч траления.

Таблица 2. Биологические показатели тихоокеанского окуня-клювача в феврале-апреле 2022 г.

Table 2. Biological indicators of Pacific ocean perch in three fishing areas in February-April 2022

Показатель	Восточно-Камчатская зона					
	Западно-Беринговоморская зона		Карагинская подзона		Петропавловско-Командорская подзона	
	Самки	Самцы	Самки	Самцы	Самки	Самцы
Соотношение полов, %	62,2	37,8	35,9	64,1	56,5	43,5
Средняя длина АС, см	38,3	35,5	35,9	34,9	35,0	33,5
Длина АС (min-max), см	19–47	22–42	23–43	28–41	19–46	21–40
Средняя масса, г	798,4	591,9	564	493	550,8	470,6
Масса (min-max), г	80–1440	120–1060	140–1040	280–720	80–1240	100–820
Стадии зрелости гонад, %						
II	3,4	8,0	3,3	6,5	8,2	17,0
II–III	–	–	–	0,9	–	–
III	2,4	80,6	22,0	85,1	19,7	72,3
III–IV	–	0,3	–	0,9	4,9	–
IV	0,2	11,0	27,0	6,5	29,5	10,6
VI	1,4	–	42,0	–	23,0	–
VII	4,3	–	3,3	–	4,9	–
VIII	88,2	–	1,7	–	8,2	–

Производительность среднесуточных уловов изменялась от 2,2 до 42,4 т в сутки, составляя в среднем 2,68 т. В Западно-Беринговоморской зоне уловы были от 0,05 до 3,8 т/ч траления, в среднем – 1,82 т/ч траления. Производительность среднесуточных уловов варьировала от 0,1 до 5,5 т в сутки, в среднем – 3,15 т.

Длина терпуга в Западно-Беринговоморской зоне варьировала от 29 до 50 см, при средней длине 39,9 см. Масса рыб в уловах изменялась от 240 г до 1380 г, в среднем составив 753,6 г (табл. 3).

Длина терпуга в Карагинской подзоне варьировала от 32 до 51 см, при средней длине 40,8 см. Средняя масса рыб в уловах составила 803,7 г.

В Петропавловско-Командорской подзоне длина терпуга варьировала от 28 до 50 см, в среднем составляя 37,9 см. Средняя масса рыб в уловах составила 639,8 г.

Во всех исследуемых районах соотношение полов было в пользу самок. Их доля варьировала от 50,1 % в Петропавловско-Командорской подзоне и 58,6 % в Западно-Беринговоморской зоне до 69,1 % в Карагинской подзоне. Большинство самок (97,0–100,0 %) имели гонады III стадии зрелости. Доля самок с резорбцией икры находилась в пределах 44–71,2 %. Самцы терпуга Западно-Беринговоморской зоны в 55,6 % случаях имели гонады IV стадии зрелости, в Карагинской и Петропавловско-Командорской подзонах большинство самцов находились на III стадии созревания гонад (71,1 % и 76,2 %, соответственно).

Ювенильные особи в период проведения исследований не зарегистрированы. Во всех районах промысла встречались рыбы с нитевидными гонадами, их доля уменьшалась с севера на юг – от 2,1 % в Западно-Беринговоморской зоне до 1,5 % в Карагинской и 0,5 % в Петропавловско-Командорской подзонах. Длина таких рыб варьировала от 30 до 47 см (в среднем – 39,5 см), масса в среднем составляла 729,2 г.

Интенсивность питания терпуга во всех исследуемых районах была слабой, СБНЖ варьировал в пределах 0,4–0,8 баллов. Основу питания составляли калянусы, эвфаузииды, медузы, клионы, молодь кальмара и рыба.

Прилов. На промысле окуня-клювача в Западно-Беринговоморской зоне в незначительном количестве присутствовали северный окунь, шипощёки, многоиглый морской окунь, мягкий бычок, белобрюхий получешуйник, скаты. В Карагинской подзоне специализированный лов окуня-клювача не проводился, его отмечали в качестве прилова при лове терпуга и трески. В Петропавловско-Командорской подзоне при специализированном лове окуня-клювача основная доля прилова (5–10 %) приходилась на северного окуня и аляскинского шипощёка, в незначительном количестве отмечены рыба-лягушка, белокорый палтус, скаты и бычки.

При специализированном лове северного однопёрного терпуга в Западно-Беринговоморской зоне основные виды прилова были представлены рогатковыми бычками (до 90 %), тихоокеанской треской (10–80 %), минтаем (10–35 %), камбалой белобрюхой

Таблица 3. Биологические показатели северного однопёрного терпуга в феврале-апреле 2022 г.

Table 3. Biological indicators of the Atka mackerel in three fishing areas in February-April 2022

Показатель	Западно-Беринговоморская зона		Восточно-Камчатская зона			
			Карагинская подзона		Петропавловско-Командорская подзона	
	Самки	Самцы	Самки	Самцы	Самки	Самцы
Соотношение полов, %	58,6	41,4	69,1	30,9	50,1	49,9
Средняя длина АС, см	40,6	38,7	41,9	38,6	38,5	37,3
Длина АС (min-max), см	30–50	29–45	32–51	32–44	29–50	28–45
Средняя масса, г	777,3	716	842	715	661,2	618,3
Масса (min-max), г	260–1380	240–1180	360–1720	380–1180	280–1260	260–1160
Стадии зрелости гонад, %						
II	–	–	–	–	1,6	5,6
II–III	–	–	1,5	1,6	–	0,4
III	100,0	44,1	97,0	71,1	98,4	76,2
III–IV	–	–	1,1	9,9	–	1,0
IV	–	55,6	0,4	17,4	–	16,8
V	–	0,3	–	–	–	–
СБНЖ	0,57		0,4		0,8	

(30%). Реже встречались северный морской окунь, голубой окунь, сельдь, белокорый палтус, стрелозубые палтусы. В Карагинской подзоне Восточной Камчатки основную часть прилова составляли треска (10–80%), минтай (до 10–30%), камбала белобрюхая (25%), реже – окуни рода *Sebastes*, белокорый палтус, бычки, зайцеголовый терпуг. В Петропавловско-Командорской подзоне в прилове отмечены: минтай (10–20%), камбала белобрюхая (10–20%), треска (10–80%), северный окунь, аляскинский шипощёк, бычки, скаты, зайцеголовый терпуг, липарисы.

Биологические характеристики видов прилова представлены в табл. 4.

Материалы экспедиционных исследований терпуга и морских окуней служат дополнением к результатам многолетних исследований ФГБНУ «ВНИРО» и будут использованы для оценки состояния запасов, при разработке и корректировке материалов прогноза общего допустимого и рекомендованного вылова и рекомендаций по эффективному промыслу.

Благодарности

Авторы благодарят за помощь и содействие в сборе научной информации руководство ООО «Росрыбфлот» и экипаж судна РТМ «Камлайн». Также благодарим сотрудников лаборатории «Здоровья гидробионтов» Камчатского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО») за помощь в организации хранения проб.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы были соблюдены.

Финансирование

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

Поступила в редакцию 22.07.2022 г.

Таблица 4. Основные биологические показатели видов прилова в Западно-Беринговоморской и Восточно-Камчатской зонах
Table 4. Main biological indicators of by-catch species in the West Bering Sea and East Kamchatka zones

Вид / Показатель	Соотношение полов, %	Ср. длина АС, см	Длина АС (min-max), см	Ср. длина, см	Ср. масса, г	Масса (min-max), г	Ср. масса, г	Масса порки, г	Стадии зрелости гонад, %								СБНЖ
									II	II-III	III	III-IV	IV	V-VI	VI	VI-II	
Белокорый палтус*	самки	50,9	62,6	27–139	59,1	4788,9	180–27720	3572,3	1621,9	29,6	33,3	9,3		1,9	11,1	14,8	0,3
	самцы	49,1	55,5	31–96		2309,0	280–10040		1974,6	71,2	1,9	23,1	3,8				
Азиатский стрелозубый палтус*	самки	65,6	50,4	38–70	50,0	1332,6	380–3900	1256,3	1245	61,6	1,2	20,9	2,3		14,0		0,1
	самцы	34,4	49,3	37–60		1111,0	400–2000		1059	33,0		17,8	46,7	2,2			
Черный палтус*	самки	36,4	57,3	45–64	57,1	1605,0	740–2400	1552,7	1555	25,0		25,0				50,0	
	самцы	63,6	57,0	46–64		1522,8	740–2060		1440	85,7	14,3						
Малоглазый макрурус*	самки	98,5	82,9	66–103	82,9	2201,7	1100–5020	2201,7	1987	3,1	4,7	7,8	32,8	51,6			
	самцы	1,5	96			2240,0			2020				100				
Треска тихоокеанская	самки	29,1	45,1	22–85	50,3	1463,2	140–8620	2108,9	1105,6	32,6	20,9	34,9			2,3	9,3	
	самцы	70,9	56,7	25–85		2373,3	160–7760		1808,4	17,1	2,9	10,5	4,8	1	42,9	20,8	
Голубой морской окунь	самки	45,4	29,7	21–39	31,8	414,1	220–900	587,0	405,6	2,3	63,6	20,5	4,5	4,5	4,5		0,1
	самцы	54,6	33,8	24–56		730,6	200–3000		819,5	15,1	7,5	66,1		11,3			
Бурый морской окунь	самки	50,0	45,4	41–52	44,6	1380,0	1040–2140	1308,7	1305,0			87,5	12,5				0
	самцы	50,0	43,9	41–46		1237,5	980–1360		1160,0			100,0					
Многоиглый морской окунь	самки	33,3	34,0		33,7	520,0		500,0	460,0						100		0
	самцы	66,7	33,5	29–38		490,0	320–660		460,0			100,0					
Северный окунь	самки	53,6	50,5	33–74	54,3	2240	460–6860	2941,4	2134,3	20,0	20,0	20,0	6,7		26,7		0,07
	самцы	46,4	59,1	30–88		3750,8	340–9880		3650,9	7,7	7,7	69,2					
Аляскинский шипошек	самки	50,0	42,0	31–62	37,0	900,0	320–1620	662,0	818,0	22,2					22,2		1,0
	самцы	50,0	35,0	29–42		522,0	240–960		498,0	77,8	22,2						

Примечание: * – Только Карагинская подзона.