

Минтай Дальнего Востока России

Труды Всероссийского
научно-исследовательского
института рыбного хозяйства
и океанографии

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

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор Глубоковский М.К., научный руководитель ФГБНУ «ВНИРО», профессор кафедры Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, д.б.н. (Москва, Россия)

Ответственный редактор Буяновский А.И., гл. научный сотрудник ФГБНУ «ВНИРО», 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)

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

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

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)

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

Лендьер П., начальник отдела развития аквакультуры, Министерство сельского хозяйства Венгрии (Сарваш, Венгрия)

Лукин А.А., зам. нач. учреждения - начальник ФСЦР 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)

Мокеевский 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)

Семенов 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., гл. научный сотрудник отдела нормирования 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. 32

Тираж 300 экз.

Подписан в печать 07.12.2022 г.

Адрес редакции:

105187, Москва, проезд Окружной, 19.

Тел.: 8 (499) 369-92-86

E-mail: trudy@vniro.ru

© ФГБНУ «ВНИРО», 2022

The Walleye Pollock of the Russian Far East

Proceedings of the Russian
Federal Research Institute
of Fisheries and Oceanography

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

EDITORIAL BOARD

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

EDITORIAL COUNCIL

- Abramova L.S.*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Head of the department of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia
- Arkhipkin A.I.*, Candidate of Biological Sciences, Senior Scientist, Head of the scientific section of the Falkland Islands Fisheries Department, Stanley, Falklands
- Balykin P.A.*, Doctor of Biological Sciences, Deputy Head of the department, Chief Scientist of the Federal Research Center Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russia
- Barulin N.V.*, head. Department of Ichthyology and Fish Farming «Belarusian State Agricultural Academy Orders of the October Revolution and the Red Banner of Labor», Ph.D. (Gorki, Republic of Belarus)
- Betin O.I.*, Doctor of Economical Sciences, Professor, 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
- Dolgov A.V.*, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Chief Scientist of Polar Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («PINRO named after N.M. Knipovich»), Murmansk, Russia
- Gabrielian B.K.*, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Director of the Scientific Center of Zoology and Hydroecology of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, Yerevan, Republic of Armenia
- Galaktionov K.B.*, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the laboratory of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russia
- Kantor Y.I.*, Doctor of Biological Sciences, Leading Scientist of the A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
- Kharenko E.N.*, Doctor of Technical Sciences, Chief Scientist of the Department of Rationing of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia
- Kotlyar A.N.*, Doctor of Biological Sciences, Chief Scientist of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
- Kriksunov E.A.*, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Chair of Ichthyology of the Biology Department, Lomonosov Moscow State University, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
- Labai V.S.*, Doctor of Biological Sciences, Head of the laboratory of the Sakhalin Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries («SakhNIRO»), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
- Laptikhovsky V.V.*, Doctor of Biological Sciences, Marine biologist and stock assessment scientist of the Scientific Center for Environment, Fisheries and Aquaculture, Lowestoft, United Kingdom
- Lendjel P.*, Head of Aquaculture Development Department, Ministry of Agriculture of Hungary (Sarvas, Hungary)
- Lukin A.A.*, Doctor of Biological Sciences, Professor, Deputy head of the Federal Selection and Genetic Center of Fish Farming, Branch of «Glavrybvod», Ropsha, Russia
- Mizyurkin M.A.*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Scientist of the Pacific Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («TINRO»), Vladivostok, Russia
- Mnatsakanyan A.G.*, Doctor of Economical Sciences, Professor, Director of the Institute of Industrial Economics and Management of the Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia
- Mokievsky V.O.*, Doctor of Biological Sciences, Chief Scientist, Head of the Laboratory of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
- Pakhomov E.A.*, Candidate of Biological Sciences, Professor at the University of British Columbia, Vancouver, Canada
- Papstov A.G.*, Doctor of Economical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the Russian Research Institute of Agricultural Economics of the Federal Research Center for Agricultural Economics and Social Development of Rural Territories, Moscow, Russia
- Pinchuk A.I.*, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, University of Alaska, Juneau, USA
- Podkorytova A.V.*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Scientist of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia
- Polotov D.V.*, Doctor of Biological Sciences, Chief Scientist, Head of the laboratory of the Vavilov Institute of General Genetics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
- Radchenko O.A.*, Doctor of Biological Sciences, Professor, Director of the Institute of Biological Problems of the North of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Magadan, Russia
- Romanov E.V.*, Candidate of Biological Sciences, Project manager of the Technical Center for Research and Development of the Aquatic Environment, Le Port, Reunion, France
- Ruban G.I.*, Doctor of Biological Sciences, Chief Scientist of the A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
- Semin A.N.*, Doctor of Economical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Strategic and Production Management, Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia
- Seregin S.N.*, Doctor of Economical Sciences, Professor, Advisor to the Director of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia
- Shuntov V.P.*, Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Scientist of Pacific Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («TINRO»), Vladivostok, Russia
- Truba A.S.*, Doctor of Economical Sciences, Associate Professor, Consultant on Economic Issues of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia
- Vasilyev D.A.*, Doctor of Technical Sciences, Head of the Fisheries Regulation Department of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia
- Zhivotovsky L.A.*, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the laboratory of the Vavilov Institute of General Genetics of the Russian Academy of Sciences, Chief Scientist of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), Moscow, Russia

СОДЕРЖАНИЕ

МИНТАЙ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

Колончин К.В., Павлова А.О., Бетин О.И., Яновская Н.В.

Минтай как объект российского и мирового промысла 5

СРЕДА ОБИТАНИЯ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Кровнин А.С., Зуенко Ю.И., Фигуркин А.Л., Хен Г.В., Кивва К.К., Новиков Ю.В., Тепнин О.Б.

Океанологические условия в пределах основного ареала минтая 16

Волков А.Ф.

Основные элементы трофологии минтая и его кормовой базы 45

ПРОМЫСЛОВЫЕ ВИДЫ И ИХ БИОЛОГИЯ

Датский А.В., Шейбак А.Ю., Антонов Н.П.

Минтай Берингова моря: особенности распределения и биологии, запасы, промысел 73

Булатов О.А., Васильев Д.А.

Размножение, запасы и промысел минтая в Наваринском районе Берингова моря 95

Варкентин А.И., Саушкина Д.Я.

О некоторых вопросах воспроизводства минтая в тихоокеанских водах, прилегающих к Камчатке
и северным Курильским островам в 2013–2022 гг. 105

Антонов Н.П., Кузнецова Е.Н., Емелин П.О.

Минтай Охотского моря: история промысла и современное состояние 120

Овсянникова С.Л., Овсянников Е.Е.

Современное состояние, особенности формирования и эксплуатации запасов минтая
у южных Курильских островов 134

Буслов А.В., Байталюк А.А., Овсянников Е.Е., Смирнов А.В.

Воспроизводство, ресурсы и промысел минтая в заливе Петра Великого в современный период 145

Датский А.В., Шейбак А.Ю., Чикилев В.Г.

Чукотское море – новый район промысла минтая 162

Орлова С.Ю., Сергеев А.А., Курносов Д.С., Бочарова Е.С., Емельянова О.Р., Чикурова Е.А., Орлов А.М., Глубоковский М.К.

Популяционная структура минтая азиатской части ареала на основании данных различных генетических
маркёров. 180

РЫБОЛОВСТВО

Астафьев С.Э., Татарников В.А., Истомин И.Г., Акишин В.В., Волотов В.М.

Особенности технологии промысла минтая 198

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ

Шульгина Л.В., Акулин В.Н., Якуш Е.В., Караулова Е.П.

Исследования ТИНРО в области технологий комплексной переработки минтая 210

Харенко Е.Н., Яричевская Н.Н.

Современные тенденции использования минтая для производства фарша сурими 222

Коноваленко Е.С., Яричевская Н.Н., Харенко Е.Н.

Технологические особенности использования фарша минтая в детском питании. 228

Харенко Е.Н., Сопина А.В., Яричевская Н.Н., Гриценко А.В.

Сравнительный анализ выхода продукции из минтая и основных промысловых тресковых рыб 235

ЭКОНОМИКА, МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО И НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Волошин Г.А., Артеменков Д.В.

О регулировании промысла с учётом его эффективности на примере минтая в северной части Охотского моря . . . 247

CONTENTS

THE WALLEYE POLLOCK OF THE RUSSIAN FAR EAST

<i>Kolonchin K.V., Pavlova A.O., Betin O.I., Yanovskaya N.V.</i>	
Walleye pollock as an object of Russian and world fishery.	5

HABITAT OF AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES

<i>Krovnin A.S., Zuenko Y.I., Figurkin A.L., Khen G.V., Kivva K.K., Novikov Y.V., Tepnin O.B.</i>	
Oceanographic conditions within the main area of walleye pollock.	16
<i>Volkov A.F.</i>	
Basic trophological elements of walleye pollock and its food supply	45

COMMERCIAL SPECIES AND THE IR BIOLOGY

<i>Datsky A.V., Sheybak A.Yu., Antonov N.P.</i>	
Walleye pollock of the Bering Sea: features of distribution and biology, stocks, fishery	73
<i>Bulatov O.A., Vasilyev D.A.</i>	
Reproduction, stocks assessment and walleye pollock fishery in Navarin area of the Bering Sea	95
<i>Varkentin A.I., Saushkina D.Y.</i>	
Some issues of walleye pollock reproduction in the pacific waters adjacent to the Kamchatka peninsula and the northern Kuril Islands in 2013-2022.	105
<i>Antonov N.P., Kuznetsova E.N., Emelin P.O.</i>	
Walleye pollock of the Okhotsk Sea: history of fishery and current status.	120
<i>Ovsyannikova S.L., Ovsyannikov E.E.</i>	
Modern status, formation and exploitation of walleye pollock stocks off the southern Kuril Islands.	134
<i>Buslov A.V., Baytalyuk A.A., Ovsyannikov E.E., Smirnov A.V.</i>	
Reproduction, stock status and fishery for walleye pollock in Peter the Great Bay in the modern period	145
<i>Datsky A.V., Sheybak A.Yu., Chikilev V.G.</i>	
Chukchi Sea - new walleye pollock fishing area	162
<i>Orlova S.Yu., Sergeev A.A., Kurnosov D.S., Bocharova E.S., Emelianova O.R., Chikurova E.A., Orlov A.M., Glubokovsky M.K.</i>	
Population structure of walleye pollock within the Asian part of the range based on the analysis of various genetic markers	180

FISHERY

<i>Astafiev S.E., Tatarnikov V.A., Istomin I.G., Akishin V.V., Volotov V.M.</i>	
Features of pollock fishing technology.	198

AQUATIC BIORESOURCES PROCESSING TECHNOLOGIES

<i>Shulgina L.V., Akulin V.N., Yakush E.V., Karaulova E.P.</i>	
TINRO research in the field of pollock complex processing technologies	210
<i>Kharenko E.N., Yarchevskaya N.N.</i>	
Current trends in the use of pollock for the production of surimi minced meat.	222
<i>Konovalenko E.S., Yarchevskaya N.N., Kharenko E.N.</i>	
Technological features of the use of minced pollock for children's nutrition	228
<i>Kharenko E.N., Sopina A.V., Yarchevskaya N.N., Gritsenko A.V.</i>	
Comparative analysis of the output products of pollock and the main commercial cod fish species	235

ECONOMICS, INTERNATIONAL COOPERATION AND REGULATORY BASES OF FISHERIES MANAGEMENT

<i>Voloshin G.A., Artemenkov D.V.</i>	
On the regulation of the fishery taking into account its effectiveness using the example of pollock in the northern part of the Sea of Okhotsk.	247



Минтай как объект российского и мирового промысла

К.В. Колончин, А.О. Павлова, О.И. Бетин, Н.В. Яновская

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

Цель работы – анализ добычи минтая, как объекта российского и мирового промысла.

Результат: рассмотрена динамика развития промысла минтая в историческом аспекте на фоне мирового вылова рыбы и в разрезе разных стран с 1950 года по настоящее время. Даны предложения по повышению ресурсосбережения при промысле минтая.

Новизна: приведены последние актуальные данные о статистике промысла минтая в России и в мире, предложены пути повышения точности учёта выловленных водных биологических ресурсов.

Практическая значимость: перечислены рекомендации по совершенствованию учета вылова в Российской Федерации на основе опыта СССР и других стран.

Используемые методы: данные по статистике вылова приведены с использованием программного обеспечения для статистических временных рядов по рыболовству FishStatJ, приведён обзор зарубежных и отечественных опубликованных работ и результаты собственных исследований. При проведении исследований были использованы современные инструментальные методы.

Ключевые слова: минтай *Gadus chalcogrammus*, статистика вылова, история вылова, мировой вылов, российский вылов, потери, выбросы.

Walleye pollock as an object of Russian and world fishery

Kirill V. Kolonchin, Anna O. Pavlova, Oleg I. Betin, Nina V. Yanovskaya

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

The aim of the work is to analyze walleye pollock as an object of Russian and world fishery.

Result: The dynamics of the walleye pollock fishery development in the historical aspect is considered against the background of the world fish catch and in the context of different countries from 1950 to the present days. Proposals are given to increase resource conservation in the walleye pollock fishery.

Novelty: the latest up-to-date data on walleye pollock fishing statistics in Russia and in the world is presented, ways to improve the accuracy of accounting for caught aquatic biological resources are proposed.

Practical significance: recommendations for improving catch accounting in the Russian Federation based on the experience of the USSR and other countries are listed.

Methods used: data on catch statistics are given using the FishStatJ software for fishery statistical time series, a review of foreign and domestic published works and the results of our own research are given. During the research, modern instrumental methods were used.

Keywords: walleye pollock *Gadus chalcogrammus*, catch statistics, catch history, global catch, Russian catch, losses, discards.

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня у отечественного рыбохозяйственного комплекса появляются новые возможности и новые перспективы. Впервые за все постсоветское время, благодаря поддержке государства, начато масштабное обновление мощностей рыболовного флота. Минтай является основным объектом российского промысла и составляет в настоящее время около 35 % от всего вылова Российской Федерации.

Минтай (*Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814) – придонная пелагическая холодолюбивая рыба семейства тресковых. Ареал минтая обширен: азиатское побережье – в Японском, Охотском и Беринговом морях; американское побережье – Берингово море, залив Аляска, залив Монтерей; океанские воды – до Сан-

гарского пролива, южнее встречается редко [Шунтов и др., 1993]. Минтай – наиболее распространённая рыба в северной части Тихого океана (рис. 1) и является самым массовым видом тресковых.

Минтай как объект мирового промысла

По общему вылову минтай в настоящее время уступает только одному виду – перуанскому анчоусу. Однако перуанский анчоус большей частью перерабатывается на муку и жир, а минтай практически полностью идёт на питание, поэтому среди видов рыб, идущих в основном на пищевые цели, он занимает первое место в мире по улову, опережая полосатый тунец, атлантическую сельдь, скумбрию и другие виды (см. табл. 1).

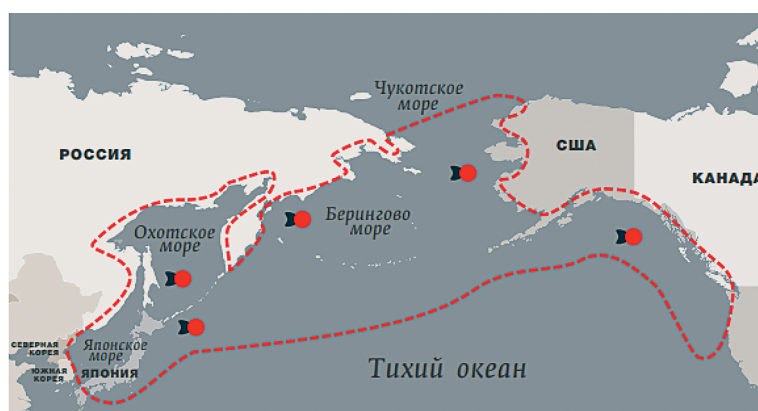


Рис. 1. Ареал минтая [Неизвестный минтай, 2020]

Fig. 1. Walleye pollock distribution area [Unknown pollock, 2020]

Таблица 1. Основные объекты мирового промысла по величине годового улова в 2015–2020 гг., тыс. т¹
Table 1. The main objects of the world fishery by the size of the annual catch in 2015–2020 thousand tons¹

Виды	Место*	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Среднее
Анчоус перуанский	1	4310,0	3192,5	3922,7	7045,0	4248,9	4896,1	4602,5
Минтай	2	3372,7	3476,4	3488,6	3395,7	3494,7	3544,0	3462,0
Тунец полосатый (скипджек)	3	2795,1	2844,5	2771,5	3081,0	3284,8	2826,7	2933,9
Тунец желтоперый	4	1512,0	1640,0	1815,5	1822,9	1697,2	1598,5	1681,0
Сельдь атлантическая	5	1392,2	1498,7	1520,7	1546,5	1554,9	1569,0	1513,7
Путассу	6	1414,1	1190,3	1559,5	1711,6	1516,6	1486,5	1479,8
Сардина средиземноморская	7	1457,5	1565,0	1514,3	1553,8	1416,6	1360,1	1477,9
Скумбрия тихоокеанская	8	1176,3	1278,7	1434,3	1603,9	1496,1	1330,6	1386,7
Ставриды сигарные	9	642,0	726,8	754,0	858,9	936,9	1276,5	865,8
Сабля-рыба волосохвост	10	1041,3	1045,9	1185,7	1335,6	1293,2	1265,0	1194,5

* Место определено по объёму вылова в 2020 году.

В отечественной научной литературе минтай впервые упоминается в работе исследователя рыбных ресурсов Камчатки А.М. Попова. В 1930 г. он выполнил ихтиологические и гидробиологические исследования в Авачинской губе. На основании этих работ в 1933 г. в журнале «Сореia» им была опубликована первая сводка по ихтиофауне данного водоема, в которой указаны места поимки 47 видов рыб, а также приведена краткая информация о степени их обилия и условиях обитания [Роров, 1933]. «Минтай, — писал он, — крупная рыба тресковой породы. Может служить объектом промысла, если окажется в достаточном количестве. Добыт один экземпляр на крючок перемёта» [Неизвестный минтай, 2020].

Пионером в освоении минтая является Корея, которая вела промысел ещё три столетия назад (в 1911 году они добыли 11,6 тыс. т) [Шунтов и др., 1993]. Как считают лингвисты, слово минтай китайского происхождения и через Корею и корейский язык пришло в Японию, ну а там и в Россию. У корейцев до сих пор особое отношение к минтаю и в корейской кухне минтай используется полностью, без каких-либо отходов и остатков.

В Японии в 1920-х гг. начали добывать минтай в качестве прилова при промысле сельди, трески, лососей и других видов, а позднее наладили масштабное производство рыбного фарша сурими и продуктов из мороженой ястычной икры прямо в море.

Быстрое расширение промысла минтая за пределами Корейского полуострова (хотя этот промысловый район ограничен по площади и располагался на самой южной оконечности ареала минтая — см.

¹ FAO. 2022. Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950–2020 (FishStatJ) Доступно через: https://www.fao.org/fishery/statistics-query/en/capture/capture_quantity 20.04.2022

рис. 1) и в первую очередь в Японии, началось в середине 1950-х гг. благодаря развитию в этой стране техники донного тралового промысла, а также было обусловлено резким снижением запасов сельди у острова Хоккайдо и необходимостью замещения потерянных уловов за счёт освоения других рыбных ресурсов. И далее промысел уже активно расширялся прежде, всего, за счёт наращивания мощностей как японского, так и советского рыболовецкого флота, а затем и флота других стран, в частности Польши и Южной Кореи, а с начала 1980-х гг. — рыбной промышленностью США.

Успехам рыбопромышленников способствовали новые технологии, разработанные во время Второй мировой войны и пригодившиеся в мирной жизни. Они проложили путь к расширению и глобализации морского рыболовства. За два десятилетия после Второй мировой войны общий улов морской рыбы увеличился на 300%. Наследие в виде навигационных систем, радара и гидролокатора способствовало лучшему обнаружению рыбы. Разработки синтетических волокон позволили создать более прочные и лёгкие сети. Старые, сделанные из хлопчатобумажной бечёвки, впитывали воду и становились тяжёлыми. Быстрее и мощнее стали и сами рыболовные суда [Неизвестный минтай, 2020].

До 1920 г. уловы минтая были в пределах нескольких десятков тысяч тонн в год, достигая в от-

дельные годы 100–110 тыс. т. При этом преобладающая часть вылова приходилась на корейские воды. В 1920–1930 гг. суммарный ежегодный вылов составлял около 100 тыс. т и примерно поровну распределялся между Кореей и Японией. Такая ситуация сохранялась и в 1930-е годы, при этом к концу десятилетия уловы увеличились примерно до 350 тыс. т. Уровень вылова в 300–350 тыс. т сохранялся и в 1940-е гг., за исключением военных лет, когда он снизился в два раза. В течение 1950-х гг. общий вылов минтая постепенно увеличивался до 600–700 тыс. т. Промысел по-прежнему вёлся, главным образом, в водах Кореи и Японии [Варкентин, 2017].

Как значимая величина в составе мировых уловов минтая появился в начале 1950-х гг., достигнув своих максимальных значений в 1986 году — 6 758 944 т. Промышленный вылов минтая представлен в табл. 2 и на рис. 2.

Рост улова с 1950 по 1990 гг. был обусловлен ростом интереса к минтаю как объекту лова и увеличением суммарного промыслового усилия, ставшего возможным в связи с развитием мирового океанического промысла.

С начала 1990-х гг. до начала 2000-х гг. мировые уловы минтая падали до минимума (2503,25 тыс. т) в 2009 году. На начальном этапе падение объясняется сочетанием чрезмерной промысловой нагрузки и природных факторов, а в последние годы — в ос-

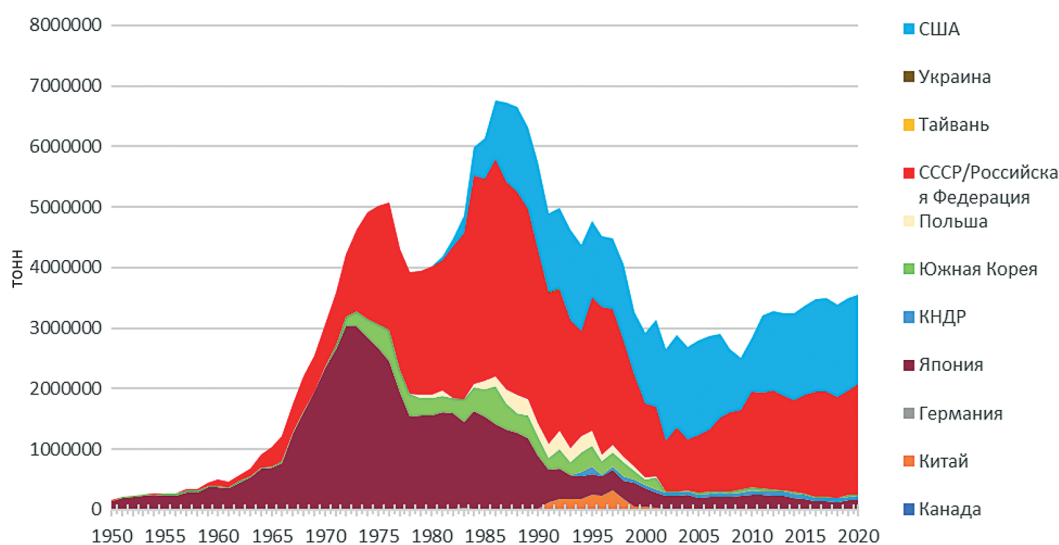


Рис. 2. Распределение мирового вылова минтая по странам 1950–2020 гг.²

Fig. 2. Distribution of global catches of walleye pollock by country 1950–2020

² FAO. 2022. Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950–2020 (FishStatI) Доступно через: https://www.fao.org/fishery/statistics-query/en/capture/capture_quantity 20.04.2022

Таблица 2. Мировой вылов минтая с 1950 по 2020 год, т³

Table 2. World walleye pollock catch from 1950 to 2020, tons

Страны	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020
СССР/Россия	6 300	109 200	697 000	2 111 669	2 863 937	1 215 065	1 584 527	1 827 317
США	-	39	200	1 409	1 432 190	1 182 437	883 337	1 465 334
Япония	132 900	379 800	2 346 700	1 552 429	871 408	300 001	251 166	160 100
КНДР	-	-	-	-	-	60 000	63 600	57 000
Южная Корея	15 000	16 500	13 400	286 158	321 496	86 143	46 795	27 196
Канада	-	-	-	2 179	676	1 044	3 666	7 080
Польша	-	-	-	60 974	223 455	33 192	-	-
Китай	-	-	-	-	20 000	51 763	-	-
Германия	-	-	-	5 996	-	-	-	-
Украина	-	-	-	-	3 004	-	-	-
Тайвань (Китай)	-	-	-	-	5	9	-	-
ВСЕГО все страны	154 200	505 539	3 057 300	4 020 814	5 736 171	2 929 654	2 833 091	3 544 027

новном природными факторами. После 2009 года уловы росли и в настоящее время стабилизировались на уровне 3,2–3,5 млн т.

В общем мировом улове всех объектов промысла (без аквакультуры) доля минтая была максимальной в период его наибольших уловов (1970–1980 гг.) и достигала 8 %. К концу 1990-х гг. в связи с почти двукратным снижением уловов минтая его доля в мировом улове снизилась до 3–4 % и остаётся на этом уровне до настоящего времени (см. рис. 3).

В 1950–2020 гг. промысел минтая вели 11 стран (см. рис. 2). Наибольший объем добычи минтая в 1950 году имела Япония – 132,9 тыс. т, располагавшая в эти годы наиболее развитым океаническим рыбодобывающим флотом. Пик её уловов пришёлся на первую половину 1970-х гг. с максимальным значением 3035,3 тыс. т – в 1972 году. Лидерство Японии в мировой добыче минтая сохранялось до 1976 года, в котором улов Японии составил 2445,4 тыс. т. В дальнейшем уловы Японии неуклонно снижались до на-

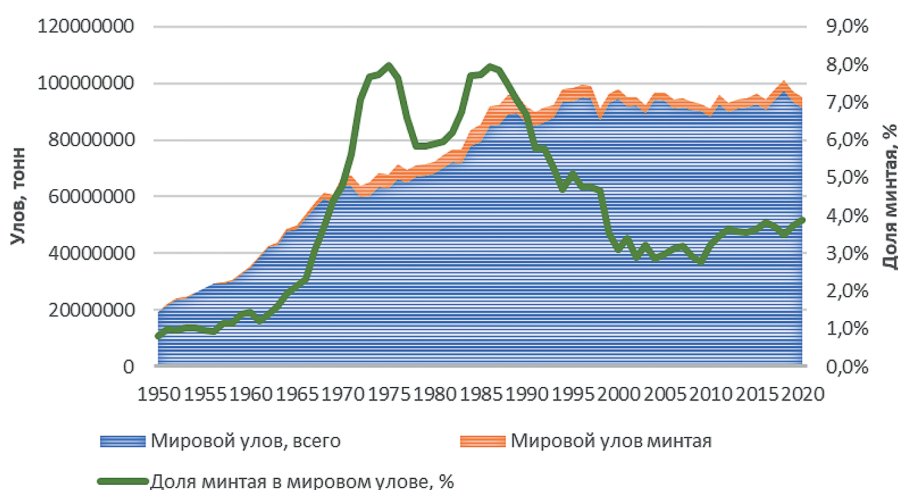


Рис. 3. Мировой улов всех объектов промысла (без аквакультуры) и доля в нем минтая в 1950–2020 гг.⁴

Fig. 3. The world catches of all fisheries (excluding aquaculture) and the share of walleye pollock in it in 1950–2020

³ FAO. 2022. Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950–2020 (FishStatI) Доступно через: https://www.fao.org/fishery/statistics-query/en/capture/capture_quantity 20.04.2022

⁴ FAO. 2022. Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950–2020 (FishStatI) Доступно через: https://www.fao.org/fishery/statistics-query/en/capture/capture_quantity 20.04.2022

чала 2000-х гг., после чего стабилизировались, а потом снова упали до уровня 130–160 тыс. т. Снижение японских уловов минтая обусловлено бурным развитием добывающего флота и промысла минтая в СССР, в водах которого Япония преимущественно добывала минтай, и введением 200-мильных экономических зон. Сравнимые с российскими запасы минтая в исключительной экономической зоне Японии отсутствуют.

Второй по величине после Японии улов минтая в 1950 году имела Южная Корея – 15 тыс. т. Наибольшие уловы Южной Кореи пришлись на 1970–1980 гг. с максимумом в 1986 г. (619 тыс. т). До 1958 года Южная Корея была второй после Японии по объёму добычи минтая страной, а с 1959 г. – третьей, уступив второе место СССР. Как и Япония, Корея не имеет значимых запасов минтая в собственных водах и причинены изменения её уловов те же, что и у Японии.

В 1950 г. СССР имел третий по величине улов минтая (6 тыс. т), в 1959 году с уловом 51,7 тыс. т обогнал Южную Корею, а в 1977 г. вышел на первое место в мире с уловом 1975,14 тыс. т., которое удерживает по настоящее время, за исключением 2001–2007 гг., когда наибольший в мире улов минтая имели Соединенные Штаты Америки.

США начали промысел минтая в начале 1960 гг. с малозначимых уловов и до начала 1980-х гг. практически не развивали его. Однако, за 7 лет они довели его от 60,7 тыс. т в 1981 г. до 1396,85 тыс. т в 1988 г., обогнав Японию и выйдя на второе место в мире по-

сле СССР. США располагают сопоставимыми с Россией запасами минтая, и рост их уловов вызван развитием добывающего флота.

Остальные страны добывали минтай в намного меньших объёмах, в том числе и крупнейший производитель филе минтая – Китай, который вёл промысел минтая с 1987 г. по 2002 г. с максимальным уловом 312,82 тыс. т в 1997 г.

Суммарно за 1950–2020 гг. всеми 11 странами было добыто 223 741,3 тыс. т минтая. Самый большой вылов был у СССР (России) – 99 776,0 тыс. т (44,6% суммарного вылова), на втором месте Япония – 58 250,2 тыс. т (26,0%), на третьем – США – 48 305,8 тыс. т (21,6%), на четвёртом – Южная Корея – 10 366,3 тыс. т (4,6%) (см. табл. 3). На пятом месте, как ни удивительно, не имеющая выхода к Тихому океану и собственных запасов минтая Польша, выловившая 3 311,1 тыс. т, что сравнимо с суммарным выловом омываемых Тихим океаном Китая, Северной Кореи, Канады, Тайваня, а также соседей Польши – Германии и Украины (3 731,9 тыс. т, см. табл. 3). Этот феномен возник благодаря крупному рыбодобывающему флоту Польши, развитому в послевоенные годы, в основном на заказах нашей страны, на верфях городов Гданьска, Гдыни и Щецина, перешедших под юрисдикцию Польши, в результате победы СССР во Второй мировой войне и допуска в нашу рыболовную зону.

В настоящее время промысел минтая ведут 6 стран (см. табл. 2), из которых 90% общего улова приходится на Россию и США. В экономических зонах

Таблица 3. Суммарная добыча минтая различными странами в 1950–2020 гг.⁵

Table 3. The total catches of walleye pollock by various countries in 1950–2020

Страна	Суммарный улов за годы промысла 1950–2020, тонн	Доля суммарного улова страны от мирового за 1950–2019 гг., %
СССР/Российская Федерация	99 775 986	44,59
Япония	58 250 221	26,03
США	48 305 816	21,59
Южная Корея	10 366 296	4,63
Польша	3 311 110	1,48
Китай	1 827 929	0,82
КНДР	1 679 631	0,75
Канада	124 782	0,06
Германия	79 793	0,04
Украина	17 990	0,01
Тайвань	1 774	0,001
Мировой улов	223 741 328	100,00

⁵ FAO. 2022. Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950–2020 (FishStatI) Доступно через: https://www.fao.org/fishery/statistics-query/en/capture/capture_quantity 20.04.2022

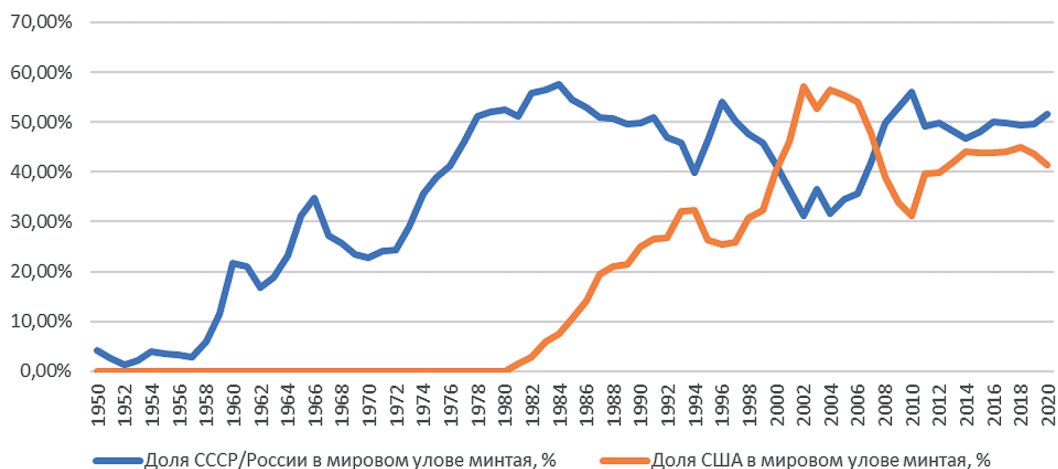


Рис. 4. Доля СССР/России и США в мировом улове минтая в 1950–2020 гг.⁶

Fig. 4. The share of USSR/Russia and USA in the world walleye pollock catch in 1950–2020

этих государств сосредоточен практически весь мировой запас и улов минтая. С середины 1990-х гг. доля России и США в мировом улове минтая изменяются в противофазе в диапазоне 31–57 % (см. рис. 4).

Минтай как объект российского промысла

Промышленный лов в нашей стране начался на Дальнем Востоке около 60 лет назад. Но факты свидетельствуют о том, что дальневосточные рыбаки вели небольшой промысел минтая в водах Кореи ещё с 40-х годов XX века. Первые уловы СССР продавал в азиатские страны. Часть поставок, конечно, доходила и до отечественного рынка, но не пользовалась популярностью.

В конце Великой Отечественной войны наша рыбная промышленность оказалась почти полностью разрушена. Были разбиты гавани, порты, береговые сооружения, затоплены рыболовческие суда. Однако в 1950-е гг. в СССР все же началась одна из самых стремительных в мире промысловых экспансий. К концу 1960-х гг. страна располагала самым большим в мире флотом рыболовческих судов, а в Тихий и Северный Ледовитый океаны вышли первые научные экспедиции. В начале 1950-х экспедиция Института океанологии АН СССР на научно-исследовательском судне «Витязь» обнаружила крупные скопления минтая у берегов Камчатки, но тогда учёные сочли его непищевой рыбой и отказались от крупного промысла.

Конечно, были в то время и учёные, которые верили в минтай. Один из немногих специалистов в Советском Союзе, кто в те годы увидел большое промысловое значение минтая — камчатский ихтиолог кандидат биологиче-

ских наук Иннокентий Полотов. Он говорил о возможности вылова у Камчатки до 150 тыс. т минтая. Исключение также составлял Ш. Надибаидзе — начавший путь от директора рыбокомбината Тафуин, и поэтапно возглавлявший все главки Дальнего Востока (Главприморрыбпром, Главкамчатрыбпром, Главсахалинрыбпром) в итоге став руководителем «Дальрыбы». Он считал переход на промышленную добычу минтая делом недалёкого будущего, о чем и заявил в своём выступлении на встрече с молодыми специалистами рыбной отрасли, состоявшейся в Дальрыбвтузе летом 1958 года.⁷

Как выяснилось позже, они были правы. К тому же в это время в стране уже снизились запасы трески, нужно было найти ей замену, и выбор логично пал на минтай. В Беринговом море специализированный промысел минтая начался с 1960 года и уже в начале 1970-х гг. вылов достиг 2 млн т. У берегов Камчатки лов был начат в 1963 году советскими и японскими рыбаками, через год к ним присоединились северокорейцы, и через десять лет вылов составил около 1,5 млн т (см. рис. 5).

Уже через 10 лет минтай в СССР уверенно занял второе место по объёму вылова: между путассу и тихоокеанской ставридой. Однако долгое время сам минтай рассматривался как ресурс небольшой пищевой ценности, большая часть вылова направлялась на выпуск рыбной муки, спросом пользовалась только пробойная солёная икра и печень.

Минтай, несмотря на снижение его вылова (после достижения максимального уровня во второй половине 1980-х), продолжает оставаться самым значимым объектом промысла как в Дальневосточном регионе России, так

⁶ FAO. 2022. Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950–2020 (FishStatI) Доступно через: https://www.fao.org/fishery/statistics-query/en/capture/capture_quantity 20.04.2022.

⁷ История промысла. Русская пелагическая исследовательская компания. 2022. Доступно через: http://ruspelagic.ru/istoriya_promysla 15.04.2022.

и всей рыбной отрасли страны – как по объёму вылова (более 1 млн т), так и по общей стоимости продукции.

Именно промысел минтая обеспечивает высокий уровень экономической рентабельности подавляющего большинства Дальневосточных компаний, включая все наиболее крупные компании региона.⁸

Величина общей добычи водных биоресурсов СССР, а затем России, всегда определялась объёмом выловленной рыбы. Даже в 1960-е гг., когда максимальных значений достигала добыча китообразных, относительный вклад рыбы был не менее 80%. С начала 1980-х гг. доля выловленной рыбы в общем объёме (в тоннах) добычи водных биоресурсов составляет 94–96%, беспозвоночных 1–5%, морских млекопитающих и водорослей – менее 1%.

Со второй половины 1950-х гг. доля минтая в общем объёме добычи рыбы СССР/России непрерывно возрастала и к 1986 г. достигла 32,4% (рис. 6).

С конца 1980-х гг., когда рыболовный флот СССР (России) стал уходить из открытых районов океана и основной промысел сосредоточился в нашей исключительной экономической зоне, доля минтая ещё более возросла и в 1996 г. составила 52% всего общероссийского улова рыбы. Рост доли минтая в эти годы происходил на фоне снижения его уловов, поскольку они падали медленнее, чем суммарный улов рыбы в России.

С 1996 г. по 2002 г. в связи со снижением запасов минтая его уловы падали быстрее общего улова России и доля минтая в нем снизилась вдвое – до 25,5%.

С 2005 года общероссийские уловы рыбы росли, но несколько медленнее, чем минтая, в связи с чем его доля

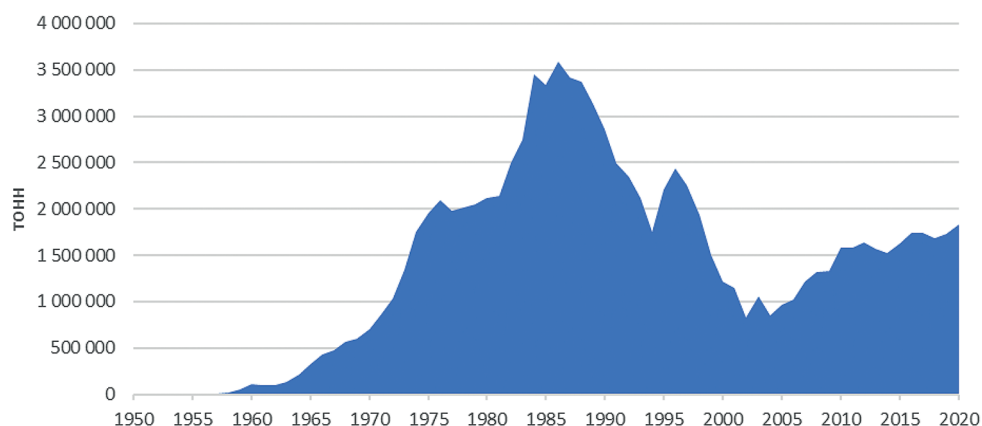


Рис. 5. Вылов минтая СССР/Российской Федерацией⁹

Fig. 5. Walleye pollock catches by the USSR/Russian Federation

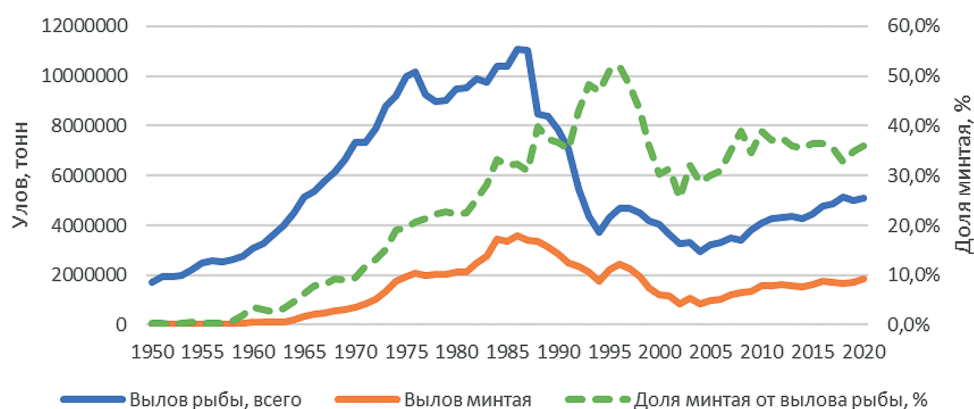


Рис. 6. Доля минтая в 1950–2020 гг. в общем вылове СССР/России⁹

Fig. 6. The share of walleye pollock in the total catch of the USSR/Russia in 1950–2020

⁸ История промысла. Русская пелагическая исследовательская компания. 2022. Доступно через: http://ruspelagic.ru/istoriya_promysla 15.04.2022.

⁹ FAO. 2022. Fishery and Aquaculture Statistics. Global capture production 1950–2020 (FishStatJ) Доступно через: https://www.fao.org/fishery/statistics-query/en/capture/capture_quantity 20.04.2022.

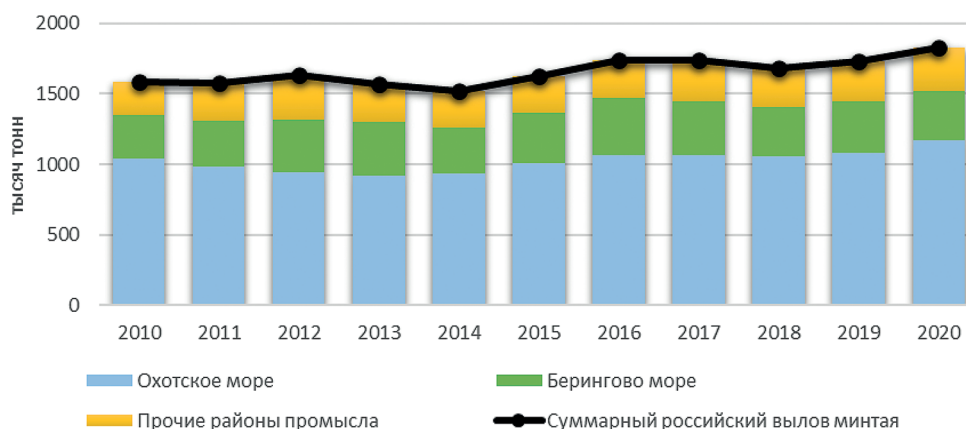


Рис. 7. Российский улов минтая в основных районах промысла в 2010–2020 гг.¹⁰

Fig. 7. Russian catches of walleye pollock in the main fishing areas in 2010–2020

к настоящему времени выросла и стабилизировалась на уровне около 35%.

В уловах дальневосточного рыбопромыслового бассейна, давшего в 2010–2020 гг. в среднем 68,4% общероссийского улова, доля минтая за эти же годы в среднем составила 52,9%. Большая часть российского минтая добывается в Охотском море (см. рис. 7). Из общего количества добытого в 2010–2020 гг. минтая (18 218,5 тыс. т) в Охотском море добыто 11260,2 тыс. т (61,8% суммарного улова), в Беринговом море — 3931,4 тыс. т (21,6%), в прочих районах промысла 3026,9 тыс. т (16,6%).

Детализированное распределение российских уловов минтая по всем районам промысла в 2010–2020 гг. приведено в табл. 4.

В условиях санкционного давления все больше встает вопрос продовольственной безопасности и рационального использования собственных ресурсов. В уловах это в первую очередь касается перехода на безотходное производство, снижение количества выбросов и отходов.

Выбросы водных биологических ресурсов на тралово-снюрреводных промыслах только по пяти рыболовным зонам Дальнего Востока России составляют 1,2 млн т в год (среднегодовые данные) [Бадаев, 2020].

Недоучет вылова в современных условиях имеет три основные составляющие: сокрытие уловов или прямое браконьерство, неконтролируемые выбросы мелкоразмерной рыбы и использование недостоверных коэффициентов расхода сырья на единицу готовой продукции. Качественная и количественная характеристика выбросов минтая зависит от особенностей его промышленного использования, т. е. типа выпускаемой продукции: филе или обезглавленной рыбы [Буслов и др., 2006].

Необходимо отметить, что в США на промысле минтая довольно быстро, уже на начальном этапе активного развития промысла, отказались от системы учета вылова по выходу продукции ввиду отсутствия стимула к рациональному расходованию улова и перешли на прямой учет вылова. Вначале количество поднятой на борт рыбы измерялось в траловых кутцах, а затем разработали и установили весовые конвейеры¹¹ [Калмыков, 2011].

В исследовании, проведенном для Международного конгресса по сохранению пищи, опубликованном ФАО [FAO, 2011], были определены средние значения потерь в разных регионах мира при добыче, переработке, хранении, транспортировке и продаже пищевых продуктов, включая в том числе и рыбную продукцию. Данная работа выполнялась в интересах исследования пищевой безопасности Шведским институтом продовольствия и биотехнологии (SIK), с допущением, что при условии недоступности оцениваемой информации были сделаны экспертные оценки и предположения. ФАО приводит следующие виды потерь:

- 1) Потери при добыче — выбросы во время вылова.
- 2) Потери при хранении после добычи — утечки и разложение рыбы при заморозке, упаковке, хранении и транспортировке после вылова.
- 3) Потери при переработке — промышленная переработка, такая как консервирование или копчение.
- 4) Потери при распределении — потери и отходы в рыночной системе, например, на оптовых рынках, в супермаркетах, розничной торговле и рынках живой продукции.
- 5) Потери при потреблении — потери и отходы на уровне домохозяйств.

¹⁰ По данным формы федерального статистического наблюдения «Сведения об улове рыбы и добыче других водных биоресурсов (Форма № 1-П (рыба))».

¹¹ Калмыков Б.А. 2011. Промысел минтая в США. Доступно через: https://www.fishnet.ru/news/novosti_otrasli/promysel-mintaya-v-ssha/ 16.05.2022.

Таблица 4. Распределение российского вылова минтая по статистическим районам промысла, тыс. т¹²
Table 4. Distribution of walleye pollock catches by statistical fishing areas, thousand tons

Наименование районов добычи (вылова)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Всего
Тихий океан	1584,5	1579,8	1632,6	1567,2	1518,51	1623,9	1737,6	1735,4	1679,9	1731,7	1827,3	18218,5
Северо-Западная часть Тихого океана	1580,5	1576,0	1628,2	1562,8	1515,11	1621,8	1732,1	1730,1	1675,4	1729,1	1826,6	18177,8
Исключительная экономическая зона России	1580,5	1576	1628,2	1562,8	1515,1	1621,8	1732,1	1730,1	1675,4	1729,1	1826,5	18177,6
Восточно-Камчатская	134,7	128,0	120,7	109,8	112,9	92,1	91,6	99,5	92,3	90,2	98,9	1170,7
Карагинская	46,0	37,2	27,1	29,7	16,6	11,2	6,7	6,5	7,5	12,3	11,1	211,9
Петропавловско-Командорская	88,7	90,8	93,6	80,1	96,3	80,9	84,9	93	84,8	77,9	87,8	958,8
Западно-Беринговоморская	263,4	289,9	345,3	345,1	302,1	342,8	394,0	374,8	335,2	350,0	336,2	3678,8
Охотское море	1036,5	980,2	940,9	919,1	935,8	1009,8	1062,5	1061,5	1058,1	1083,9	1171,9	11260,2
Восточно-Сахалинская	47,3	77,5	95,8	80,2	112,8	106,1	105,1	94,9	101,7	124,4	117,8	1063,6
Западно-Камчатская	115,2	168,9	230,4	363,2	387,1	470,2	158,4	230,2	190,8	291,6	321	2927,0
Камчатско-Курильская	491,7	402,5	305,5	170,9	141,1	101,6	453,0	386,1	413,2	323,2	355,4	3544,2
Северо-Охотоморская	382,3	331,3	309,2	304,8	294,8	331,9	346,0	350,3	352,4	344,7	377,7	3725,4
Северо-Курильская	84,4	87,4	113,1	104,6	96,9	87,6	107,3	102,8	105,7	89,7	109,3	1088,8
Северо-Курильская Охотоморская	9,7	7,3	0,9	1,8	3	33,1	46,8	55,1	50,3	0,2	50,2	258,4
Северо-Курильская Тихоокеанская	74,7	80,1	112,2	102,8	93,9	54,5	60,5	47,7	55,4	89,5	59,1	830,4
Южно-Курильская	55,2	77,3	98,1	79,2	63,8	85,4	72,4	86,4	73,9	100,9	93,4	886,0
Южно-Курильская Охотоморская	21,7	20,6	29,7	24,5	23,2	75,9	67,6	82,2	69,6	96,4	88,2	599,6
Южно-Курильская Тихоокеанская	33,5	56,7	68,4	54,7	40,6	9,5	4,8	4,2	4,3	4,5	5,2	286,4
Японское море	6,3	13,2	10,1	5,0	3,6	4,1	4,3	5,1	10,2	14,4	16,8	93,1
Западно-Сахалинская	1,0	1,1	1,3	0,8	0,8	1,3	1,3	0,6	1,0	1,6	2,8	13,6
Приморье	5,3	12,1	8,8	4,2	2,8	2,8	3,0	4,5	9,2	12,8	14,0	79,5
Экономические зоны зарубежных государств	0	0	0	0,005	0,01	0	0,034	0	0	0	0,126	0,2
Япония	0	0	0	0,005	0,01	0	0,034	0	0	0	0,126	0,2
Тихоокеанская иностранная зона	0	0	0	0,005	0,01	0	0,034	0	0	0	0,126	0,2
Открытая часть района	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,002	0,0
Северо-Восточная часть Тихого океана	4,0	3,8	4,4	4,4	3,4	2,1	5,5	5,3	4,5	2,6	0,7	40,7
Исключительная экономическая зона России	4,0	3,8	4,4	4,4	3,4	2,1	5,5	5,3	4,5	2,6	0,7	40,7
Чукотская	4,0	3,8	4,4	4,4	3,4	2,1	5,5	5,3	4,5	2,6	0,7	40,7

Доля продукции, реализуемой в свежем виде (без переработки) принята для стран с низкими доходами в размере 60%, а для стран со средним/высоким уровнем дохода – 4%.

Для минтая, предполагаемые потери приведены в табл. 5. Согласно приведённым данным, более 500 тыс. т минтая ежегодно фиксируются как потери.

Исследования О.З. Бадаева [2018, 2020] показывают, что создать надёжную промысловую статистику пока не удалось, так как сохраняются расхождения между официальной статистической информацией и фактическим положением дел. Кроме того, из-за сокращения научного

мониторинга промыслов ситуация усугубилась и статистика ухудшилась.

Оптимальным решением проблемы выбросов на специализированном минтаевом промысле с позиции рационального использования природных ресурсов явилось бы полное взвешивание и учёт улова до поступления его в переработку, как это делается в ряде стран, а также до 1991 года было и в России (ИС «РИФ»).

Информационная система «РИФ», созданная в 1978 году учёными ПИНРО, ЦНИИТЭИРХа и ВНИРО являлась отраслевой системой сбора, накопления, автоматизированной обработки и хранения промысловой информации. Был разработан специальный отраслевой стандарт на представление ежедневной информации всеми промысловыми судами (так называемые судовые суточные донесения ССД-7). Подробные данные предоставлялись

¹² По данным формы федерального статистического наблюдения «Сведения об улове рыбы и добыче других водных биоресурсов (Форма № 1-П (рыба))».

Таблица 5. Экспертная оценка потерь в РФ на каждом этапе цепочки прохождения минтая от улова до потребления, т
Table 5. Expert assessment of losses in the Russian Federation at each stage of the walleye pollock chain from catch to consumption, tons

	%	2016	2017	2018	2019	2020
Вылов		1 737 675	1 735 427	1 679 987	1 731 746	1 827 317
Потери при добыче (выбросы)	9,4	163341,5	163130,1	157918,8	162784,1	171767,8
Потери при хранении после добычи	0,5	7871,7	7861,5	7610,3	7844,8	8277,7
Потери при переработке	6	56392,6	56319,7	54520,5	56200,2	59301,8
Потери при продаже (в ритейле)	9	135906,2	135730,4	131394,4	135442,5	142917,3
Потери при потреблении	11	151157,9	150962,4	146139,7	150642,2	158955,8
ИТОГО		514669,9	514004,1	497583,7	512913,8	541220,4

путём взвешивания каждой промысловой операции (транспортировке, постановке сетей, ловушек и т. п.) и содержали результаты такой операции (вылов).

Информация, собираемая в системе «РИФ», имеет огромную важность для решения многих рыбохозяйственных задач: краткосрочных прогнозов, мониторинга оценки численности на промысловом ареале, анализа рыболовства, подробной международной отчетности; эффективности использования флота и др.

Научная организация системы «РИФ» с целью использования её результатов для регулирования рыболовства и оптимизации промысла заставляла пересмотреть отношение к рыбохозяйственным исследованиям, ориентируя их в сторону большей комплексности. Проблема решилась на стыке информатики, биологии (динамика численности) и экономики.

В процессе эксплуатации системы зародилось новое научное направление, связанное с анализом рыболовства на основе больших объемов (подробных) статистических данных – оценка распределения промысловых скоплений, мониторинг численности эксплуатируемых популяций в районах промысла, оперативная оценка расстановки добывающего флота.

Перспективность нового научного направления трудно переоценить, так как впервые наука имела возможность отслеживать короткопериодную изменчивость промысловой обстановки на столь представительной выборке, практически по всем районам мирового океана.

На основе информации Базы Данных ИС «РИФ» можно было решать, например, задачи, связанные с зависимостью вылова от типа судна, от используемых орудий лова, зависимость улова от вида промысла и распределения рыб по глубине. Оценивать биомассу рыб в районе промысла, возможную продуктивность промысла при использовании разных судов в разное время года и оптимальное количество судов для работы в определенном районе.

Статистическая информация из системы «РИФ» помогала легко управлять флотом, обоснованно планировать

и прогнозировать его деятельность, так как информация с промысла в системе рыбохозяйственной деятельности и рыболовства являлась высшим приоритетом.

Однако, в 1990-х гг. из-за перехода на сбор информации с промысла на другие системы (например, ИС «Рыболовство»), основанных на пересчете готовой продукции через коэффициент расхода сырья в улов (сырец), в настоящее время требуемой детализации исходных данных, содержащихся ранее в ИС «РИФ» и главное, достоверность учета вылова ни одна из информационных систем Росрыболовства не предусматривает.

Также можно привести пример из практики США, где для обеспечения точной оценки используется взвешивание выловленной рыбы на промысловых судах. В настоящее время взвешивание используются в США для учета подавляющего большинства улова кораблями-переработчиками и рыболовными базами, ведущими промысел у берегов Аляски. Ежегодно проводятся проверки весов и их сертификация. Прежде чем весы можно будет использовать для официального взвешивания улова в море, они должны быть проверены инспектором, уполномоченным Национальной службой морского рыболовства США.

Другим способом решения данного вопроса может стать заблаговременная оценка возможных выбросов и включение объемов выбросов в прогнозируемый общий допустимый улов (ОДУ) на будущие годы. Однако при этом неизбежно снижение объемов вылова, рекомендуемых к изъятию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Минтай останется в обозримом будущем важным промысловым объектом для дальневосточных рыбаков. Научные исследования подтверждают устойчивость запасов минтая [Булатов, 2015].

Сегодня рыбная отрасль России наращивает свои объемы, изрядно упавшие в 90-е годы прошлого века. Широко развивается программа инвестиционных квот, направленных на обновление флота. У нашей

страны есть огромные перспективы для дальнейшего развития рыбной промышленности и полного удовлетворения потребности населения в рыбе.

Экологическая сертификация является важнейшим элементом глобальной работы по защите мирового океана от чрезмерного вылова, ведущего к сокращению рыбных запасов. По данным Ассоциации добытчиков минтая 86% уловов российского минтая сертифицировано на соответствие международному стандарту устойчивого рыболовства Морского Попечительного Совета (MSC).

Однако есть ряд проблем, которые осознают в Росрыболовстве, и это, в первую очередь, потери, в том числе выбросы.

Следует изменить систему учёта выловленной рыбы, перейти на прямое взвешивание уловов по каждой операции, вместо пересчёта через коэффициент расхода сырья из готовой продукции в улов.

Благодаря внедрению и эксплуатации информационной системы «РИФ», цель которой заключалась в совершенствовании первичного учёта вылова, СССР занимал в мировых уловах стабильное второе место, немного уступая Японии (уловы доходили до 11 млн т в 1986 и 1987 гг.), а уловы минтая достигли 3584,1 тыс. т (1986 год).

Другим эффективным путём совершенствования учёта вылова может стать использование методик контроля: от увеличения штата инспекторов до установки систем видеонаблюдения.

Благодарности

Авторы благодарят коллег из Отдела международной аналитики и отчётности ФГБНУ «ВНИРО» Г.А. Бондаренко, Е.Г. Григорьеву, Т.А. Селиванову, Я.Л. Рыжкова, и Л.А. Кононову, предоставивших данные для проведения исследования.

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

Бадаев О.З. 2018. Приловы и выбросы на ярусном промысле рыб Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна // Вопросы рыболовства. Т. 19. № 1. С. 58–72.

Бадаев О.З. 2020. Прилов и выбросы на тралово-снюрреводных промыслах в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне // Вопросы рыболовства. Т. 21. № 1. С. 53–66.

Булатов О.А. 2015. К вопросу о методологии прогнозирования запасов и стратегии промысла минтая // Труды ВНИРО. Т. 157. С. 45–70.

Буслов А.В., Бонк А.А., Варкентин А.И., Золотов А.О. 2006. Определение недоучета вылова минтая и сельди: методические подходы и результаты // Труды ВНИРО. Т. 146. С. 322–328.

Варкентин А.И., Сергеева Н.П. 2017. Промысел минтая (*Theragra chalcogramma*) в прикамчатских водах в 2003–2015 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 47. С. 5–45.

Неизвестный минтай. 2020. Русская рыбопромышленная компания. М.: PressPass. 156 с.

Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дуленова Е.П. 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. 426 с.

Попов А.М. 1933. Fishes of Avatcha Bay on the Southern Coast of Kamtchatka // Copeia Vol. 1933, No. 2 (Jul. 20, 1933), pp. 59–67.

FAO. 2011. Global food losses and food waste. Extent, causes and prevention. FAO, Rome.

REFERENCES

Badaev O.Z. 2018. Estimation of bycatch and discards of longline fish in Far East seas // Problems of fisheries. Vol. 19. № 1. P. 58–72. (In Russ.).

Badaev O.Z. 2020. By-catch and discard in the trawl and snurrevod fishery in the Far East fishery basin // Problems of fisheries. Vol. 21. № 1. P. 53–66. (In Russ.).

Bulatov O.A. 2015. On the question of the methodology of stock assessment forecasting and pollock fishery strategy // Proceedings of VNIRO. Vol. 157 P. 45–70. (In Russ.).

Buslov A. V., Bonk A. A., Varkentin A. I., Zolotov A. O. 2006. Determining the underestimation of Walleye pollock and herring catches: methodological approaches and results // Proceedings of VNIRO. Vol. 146. P. 322–328. (In Russ.).

Popov A.M. 1933. Fishes of Avatcha Bay on the Southern Coast of Kamtchatka // Copeia Vol. 1933, No. 2 (Jul. 20, 1933), pp. 59–67 (9 pages) (In Russ.).

Varkentin A. I., Sergeeva N. P. 2017. Walleye Pollock fishing (*Theragra chalcogramma*) in Kamchatka waters in 2003–2015 // Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the northwestern part of the Pacific Ocean. Vol. 47. P. 5–45. (In Russ.).

Unknown pollock. 2020. Russian Fishery Company. M.: PressPass. 156 p. (In Russ.).

Shuntov V. P., Volkov A. F., Temnyh O. S., Dulepova E. P. 1993. Walleye pollock in the ecosystems of the Far Eastern seas: monograph // Vladivostok: TINRO. 426 p. (In Russ.).

FAO. 2011. Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. FAO, Rome

Поступила в редакцию 18.05.2022 г.

Принята после рецензии 12.08.2022 г.



Среда обитания водных биологических ресурсов

Океанологические условия в пределах основного ареала минтая

А.С. Кровнин¹, Ю.И. Зуенко², А.Л. Фигуркин², Г.В. Хен², К.К. Кивва¹, Ю.В. Новиков², О.Б. Тепнин³

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

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

³Камчатский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО»), ул. Набережная 18, г. Петропавловск-Камчатский, 683000

E-mail: akrovnin@vniro.ru

Цель: охарактеризовать океанологические условия и их изменчивость на различных масштабах времени в пределах ареала минтая, включая все дальневосточные моря России, Чукотское море, а также южно-курильский и восточно-камчатский районы.

Методы: анализ литературных источников и данных экспедиционных исследований, проводимых дальневосточными филиалами ФГБНУ «ВНИРО».

Новизна: впервые дано обобщение имеющихся на сегодняшний день сведений об океанологических условиях среды обитания минтая в основных районах его воспроизводства, нагула и промысла.

Результаты: В Беринговом море в период 1950–2020 гг. выявлены два климатических сдвига — в 1977 и 2014 гг., характеризовавшихся скачкообразным ростом температуры. Первый климатический сдвиг означал переход от холодного (1950–1976 гг.) к умеренному (1977–2013 гг.) периоду, второй — от умеренного к аномально тёплому (2014–2020 гг.) периоду. Урожайные поколения восточно-беринговоморского минтая формировались только в умеренный период. В тёплый период выход минтая из зоны США в зону Российской Федерации происходит с месячным опережением, что благоприятно для отечественного промысла в Наваринском районе и Анадырском заливе.

Потепление вод Охотского моря в сочетании с тенденцией к уменьшению его ледовитости способствуют расширению ареала нагула минтая как в северную, так и в западную часть моря, характеризующуюся суровыми природными условиями, что повысит её рыбопромысловый потенциал.

Потепление Японского моря обуславливает депрессивную тенденцию для всех япономорских популяций минтая. Вместе с тем, на фоне депрессии в современных (аномально тёплых) условиях по-прежнему возможно формирование отдельных высокоурожайных поколений минтая любой япономорской популяции.

Практическая значимость: результаты работы могут быть использованы для усовершенствования методов среднесрочных и долгосрочных прогнозов вылова минтая.

Ключевые слова: океанологические условия, межгодовая изменчивость, потепление климата, минтай *Gadus chalcogrammus*, температура воды, циркуляция вод.

Oceanographic conditions within the main area of walleye pollock

Andrei S. Krovnin¹, Yury I. Zuenko², Aleksander L. Figurkin², Gennady V. Khen², Kirill K. Kivva¹, Yury V. Novikov², Oleg B. Tepnin³

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

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

³Kamchatka branch of «VNIRO» («KamchatNIRO»), 18, Nabereznaya, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000, Russia

Purpose: to characterize oceanographic conditions and their variability at various time scales within the walleye pollock area, including all Far Eastern seas of Russia, the Chukchi Sea, and the South Kuril and East Kamchatka regions.

Methods: analysis of literary sources and data of expedition studies conducted by the Far Eastern branches of «VNIRO».

Novelty: for the first time, a generalization of current information on the oceanological conditions of walleye pollock habitat in the main areas of its reproduction, feeding and fishing was given.

Results: In the Bering Sea, three periods were identified during 1950–2020: cold period (1950–1976), moderate period (1977–2013) and warm period (2014–2020). Strong year-classes of walleye pollock were formed only over the moderate period. During the modern warming of the Bering Sea migrations of walleye pollock from the US EEZ into Russian waters occurs by one month earlier that favors the pollock fishery in the Navarin area and Gulf of Anadyr. The warming of Okhotsk Sea waters, combined with the tendency to reduction of its ice cover, favor expansion of the walleye pollock feeding area northward and westward. The warming of the Sea of Japan results in a depressive trend for all Japan Sea walleye pollock populations. At the same time, against the background of depression in modern (abnormally warm) conditions, the formation of single strong year-classes of any Japan Sea walleye pollock population is still possible.

Practical significance: the results of this work can be used to improve the methods of the medium-range and long-range forecasts of walleye pollock catch.

Keywords: oceanological conditions, interannual variability, climate warming, walleye pollock *Gadus chalcogrammus*, water temperature, water circulation.

ВВЕДЕНИЕ

Минтай *Theragra chalcogramma* (Pallas, 1814) уже более полувека устойчиво занимает первое место в мировом рыболовстве по объёму добычи. Он обитает только в северной части Тихого океана, при этом его ареал простирается от берегов Азии до берегов северной Америки [Фадеев, 1975; Шунтов и др., 1993]. В ареал минтая полностью входят Берингово, Охотское и Японское моря. Кроме того, в пределах ИЭЗ России крупные группировки минтая обитают в водах Восточной Камчатки и в тихоокеанских водах в районе южной части Курильских островов. Северная граница распространения этого вида расположена в южной части Чукотского моря на широте 68° с. ш. и, возможно, даже севернее.

Минтай относится к флуктуирующим видам, характеризующимся значительными колебаниями численности и биомассы. Динамика численности минтая, как и любой другой популяции промысловых гидробионтов, определяется, прежде всего, биологическими законами, которые, однако, действуют на фоне изменений, происходящих в среде обитания под влиянием климата. Поэтому знание климато-океанологических условий в основных районах обитания минтая и особенностей их межгодовой и многолетней изменчивости, включая климатические тенденции, чрезвычайно важно для разработки стратегии развития рыбохозяйственного комплекса России, направленной на рациональное использование водных биоресурсов и устойчивое развитие прибрежных регионов страны.

Цель данной работы — характеристика океанологических условий и их изменчивости на различных масштабах времени в пределах ареала минтая, включая все дальневосточные моря России, Чукотское море, а также южно-курильский и восточно-камчатский районы, на основе анализа литературных источников и данных экспедиционных исследований, проводимых дальневосточными филиалами ФГБНУ «ВНИРО».

Следует отметить, что к числу основных факторов среды, влияющих на воспроизводство минтая, относится температура воды, при которой происходит развитие личинок и молоди. Температура является интегрированным показателем, который влияет на продолжительность инкубации, обеспеченность пищей, скорость обменных процессов. При этом изменчивость термического режима в районах обитания минтая её в значительной мере обусловлена характером атмосферной циркуляции над северотихоокеанским регионом, который во многом определяет интенсивность циркуляции вод, а также особенности теплообмена на границе «атмосфера-океан (море)».

Поэтому перед описанием океанологических условий в указанных выше районах в работе приведена краткая характеристика атмосферных процессов.

Характеристика атмосферных процессов над северо-западной частью Тихого океана (СЗТО)

Регион северо-восточной Азии и северо-западной части Тихого океана отличается резкими сезонными изменениями процессов в атмосфере и океане, наиболее ярким проявлением которых является сезонная смена доминирующих ветров — муссонов. В холодный период года атмосферные процессы в регионе связаны с антициклогенезом над восточной частью Евразии, формирующим мощный Сибирский антициклон, и активным циклогенезом над океаном в ложбине Алеутской депрессии, центры которой обычно располагаются к юго-востоку от Камчатки и южнее Аляски [Дашко, 1998; Ильинский, 1965; Седаева, Шевченко, 2001]. С ноября по март над большей частью региона средний перенос воздушных масс направлен с Евразийского материка в океан, то есть доминируют ветры северных румбов — зимний муссон.

Следует отметить, что на субарктические моря в холодный период года большое влияние оказывают глобальные атмосферные процессы, прежде всего, арктическое колебание (АК), характеризующееся противофазностью изменения атмосферного давления над арктическим регионом и над умеренными широтами Северного полушария [Thompson, Wallace, 1998]. В частности, влияние изменчивости, связанной с АК, выявлено в подповерхностной температуре вод Японского [Minobe et al., 2004] и Охотского [Minobe, Nakamura, 2004] морей.

В летний период происходит полная перестройка барической системы: Сибирский антициклон исчезает, Алеутский минимум атмосферного давления становится слабым, при этом возрастает роль Гавайского максимума атмосферного давления, который летом занимает своё крайнее северо-западное положение [Favorite et al., 1976]. Циклоническая деятельность сильно ослабевает, хотя на Берингово море выходят континентальные циклоны со слабо выраженными центрами, а над Охотским морем погодные условия определяются взаимодействием квазистационарного летнего центра низкого давления — Дальневосточной депрессии с центром над нижним Приамурьем, и Охотского антициклона. В целом, над акваториями всех дальневосточных морей преобладают ветры южных направлений — летний муссон.

Таким образом, основной особенностью атмосферной циркуляции над дальневосточными морями

России и прилегающими районами СЗТО является её ярко выраженный сезонный (муссонный) характер. Зимний муссон усиливает суровость зимних условий, так как выносит на акватории морей и океана воздух, сильно охлаждённый над севером Евразии и Арктикой, и в то же время препятствует адвекции на север тёплого воздуха субтропиков. Летние муссонные переносы имеют меньшее значение для формирования погодных условий, так как летом воздух над морем прогревается меньше, чем над сушей, его влияние на океанологические условия зависит больше от силы ветра, чем от направления.

Берингово и Чукотское моря

Гидрологические условия Берингова моря определяются особенностями его географического положения и рельефом дна, которые включают в себя:

а) свободный водообмен с Тихим океаном через многочисленные проливы Алеутской гряды и Командорских островов, в том числе наличие глубоководных (более 3000 м) проливов Камчатский, Ближний

и Амчитка, по которым происходит водообмен с Тихим океаном;

б) наличие обширного шельфа шириной до 500 км в восточной части моря, составляющей около половины общей площади моря;

в) формирование ледяного покрова в холодную половину года.

Соседство с Арктическим бассейном на севере и Тихим океаном на юге создают важные для гидрологии Берингова моря различия климатических условий. В северной части они резко сдвинуты в сторону континентальности, с формированием ледяного покрова зимой. Максимум распространения льда в море наступает в марте-апреле, лёд заполняет всю северную половину моря, включая Бристольский залив и заливы Восточной Камчатки. Таяние льдов начинается в апреле, и в июле море полностью очищается. Для южной части моря характерны условия, близкие к океаническим.

Циркуляция вод Берингова моря в пределах глубоководного бассейна имеет циклоническую на-

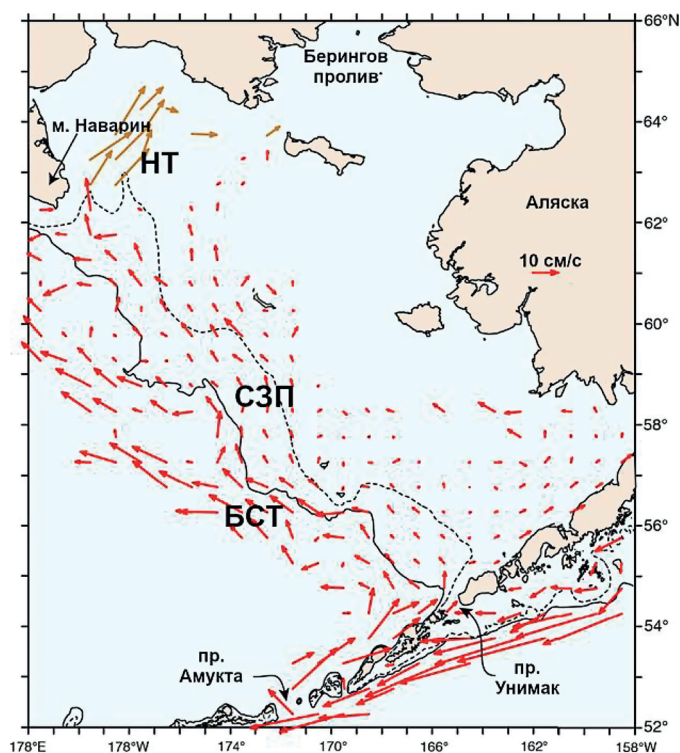


Рис. 1. Направление и скорости течений в восточной части Берингова моря по траекториям около 500 спутниковых дрейфтеров на горизонте 40 м [Stabeno et al., 2016]. Пунктирная линия — изобата 100 м, сплошная — 200 м. Названия течений: БСТ — Берингоморское склоновое течение, СЗП — Северо-Западный поток, НТ — Наваринское течение, добавлены авторами настоящей работы

Fig. 1. Direction and velocities of currents in the eastern Bering Sea at depth of 40 m by trajectories of 500 satellite drifters [Stabeno et al., 2016]. Dashed and continuous lines show isobaths of 100 m and 200 m, respectively. The current names: BSC — Bering Sea Slope Current, NWS — Northwest Stream, NC — Navarin Current, were added by the authors of this paper

правленность [Арсеньев, 1967; Takenouti and Ohtani, 1974; Khen et al., 2013]. В то же время, над обширным восточно-берингоморским шельфом, в частности, в его северной области, включая Анадырский залив, преобладает антициклоническое движение вод (рис. 1).

Берингоморское склоновое течение (БСТ) широким потоком направлено на северо-запад и на широте 59° с. ш. есть признаки его отрыва от склона в сторону корякского побережья. Его средняя скорость составляет 5–10 см/с, но местами достигает 15 см/с. Над внешним шельфом в том же направлении движется Северо-Западный поток со скоростью до 5 см/с. При входе в Анадырский залив на долготе 174° в. д. он усиливается и даёт, как считают Стабено с соавторами [Stabeno et al., 2016], начало Наваринскому течению (НТ) со скоростями до 15–20 см/с. На большей части шельфа течения направлены на север, но их скорости слабые и не превышают 3 см/с. При этом НТ, несущее трансформированные тихоокеанские воды в Анадырский залив, проявляется только на летней карте течений, зимой оно становится слабым или даже совсем исчезает из-за сильных северо-восточных ветров.

Западная ветвь БСТ в районе долготы 174° в. д. даёт начало Камчатскому течению. Следует отметить, что по долготе 174° в. д. проведено разделение Западно-Берингоморского промыслового района на Наваринскую и Карагинскую подзоны, по которым с 1980-х гг. проводится дифференцированная оценка запасов, раздельная статистика и регулирование промысла¹.

В глубоководной области толща воды летом разделена на четыре слоя: поверхностный, холодный промежуточный (ХПС), тёплый промежуточный (ТПС) и глубинный [Арсеньев, 1967; Ohtani, 1973]. ХПС формируется в результате осенне-зимней конвекции вод, а ТПС — при трансформации тёплых высокосолёных обогащённых кислородом тихоокеанских вод.

В пределах восточно-берингоморского шельфа в тёплый период года выделяют три гидрологические области, связанные с рельефом дна: прибрежную, среднюю и внешнюю [Kinder, Schumacher, 1981]. Они отделены друг от друга гидрологическими фронтами: внутренним — приблизительно по изобате 50 м, средним — по изобате 75–100 м и внешним, расположенным над краем континентального склона (приблизительно вдоль изобаты 170 м).

В западной части моря шельф довольно узкий, его ширина составляет 20–80 км, и только в Карагинском

заливе она достигает 120 км. Здесь также можно выделить отдельные области, но не связанные с рельефом дна. Положения их границ год от года меняются в зависимости от удаления Камчатского течения от континентального склона [Хен, 1997].

В Анадырском заливе область однородной структуры вод занимает узкую прибрежную полосу и поэтому недоступна для судовых наблюдений. В северной части залива толща вод имеет двухслойную структуру с высокими градиентами в слое сезонного скачка плотности (пикноклина) из-за образующихся зимой высокоплотных придонных вод [Хен, 1999]. Северная граница области с двухслойной структурой вод расположена вблизи острова Святого Лаврентия. Эта зона в отечественной литературе имеет название «Лаврентьевское ядро холода» или «Лаврентьевское холодное пятно» (ЛХП) [Басюк и Зуенко, 2019]. В центре Анадырского залива водная толща имеет трёхслойную структуру, с тёплой поверхностной, холодной промежуточной и тёплой придонной водными массами.

Зимой (январь–март) вся шельфовая зона западной части моря покрывается льдом и недоступна для хозяйственной деятельности. Свободным от ледовых полей остаётся только глубоководный бассейн. От поверхности до глубины 100 м температура воды практически не меняется. У кромки льдов температура воды составляет 0–0,2 °С, а на юге и центре моря 1,5–2,0 °С [Хен, 2010]. Солёность на поверхности меняется от 32,7–32,8 у ледовой кромки до 33,1 в центральной части моря.

В мае–июне температурные контрасты на поверхности моря между холодным севером и тёплым югом ещё сохраняются. В июле происходит быстрый прогрев прибрежных вод, что приводит к перестройке поля температуры на летний тип — понижению температуры от 10,5–11,5 °С у берега до 9,2–9,8 °С в открытом море. Только у Корякского побережья, в связи с подъёмом нижележащих вод на месте отмеченного выше разделения БСТ на 2 ветви, температура воды на поверхности ниже, чем в открытом море, на 0,5–1,0 °С.

Особенности распределения придонной температуры сильно зависят от термического типа лет (тёплый, холодный или умеренный). Весной холодные воды с отрицательной температурой занимают большую часть шельфа на востоке и весь шельф на западе моря.

Летом холодные зимние воды сохраняются в придонном слое средней области шельфа, причём, в холодные годы они простираются до полуострова Аляска (56° с. ш.), а в тёплые ограничены с юга 58° с. ш.

¹ Берингоморская минтаевая путина — 2022 (путинный прогноз). 2022. Владивосток: ТИНРО. 92 стр.

Изменения температуры воды в придонном слое (100–200 м) летом на северо-западе Берингова моря связаны с зимними атмосферными процессами и ледовыми условиями. Как замечают Ю.И. Зуенко и Е.О. Басюк [2017], «в годы с суровыми зимами и высокой ледовитостью значительная часть района Анадырского залива (в пределах ИЭЗ Российской Федерации) занята ЛХП (Лаврентьевским холодным пятном), адвекция вод открытого моря в этот район ограничена – соответственно, летом здесь наблюдаются отрицательные аномалии температуры и солёности, и наоборот, в годы с мягкими зимами и низкой ледовитостью большая часть района занята более тёплыми и солёными водами, поступающими с юга, а ЛХП занимает лишь небольшой участок у его восточных границ либо вообще находится за его пределами, в американской зоне» (рис. 2).

Заложенные в зимний сезон термические условия сохраняются в течение всего тёплого полугодия, о чём свидетельствует межгодовая динамика ледовитости

и площади холодных областей (ниже 0 °С) на глубине 50 м и у дна (рис. 3). Высокие коэффициенты корреляции между ледовитостью и размером холодного пятна на горизонте 50 м ($r = 0,76$) и в придонном слое ($r = 0,68$) могут быть использованы при разработке гидрологических прогнозов с полугодовой заблаговременностью.

Минтай в Наваринском промысловом районе избегает холодные области с температурой ниже 0 °С [Кузнецов и др., 2013]. В холодные годы он концентрируется ближе к краю континентального склона, тогда как в тёплые годы заполняет центральную область Анадырского залива. Такая же картина наблюдается и в зоне США, где расположен основной район воспроизводства и нагула восточноберингоморского минтая. В холодные годы его скопления сосредоточены между 100–200-метровыми изобатами (внешняя область шельфа), а в тёплые годы наблюдается экспансия минтая в среднюю область шельфа.

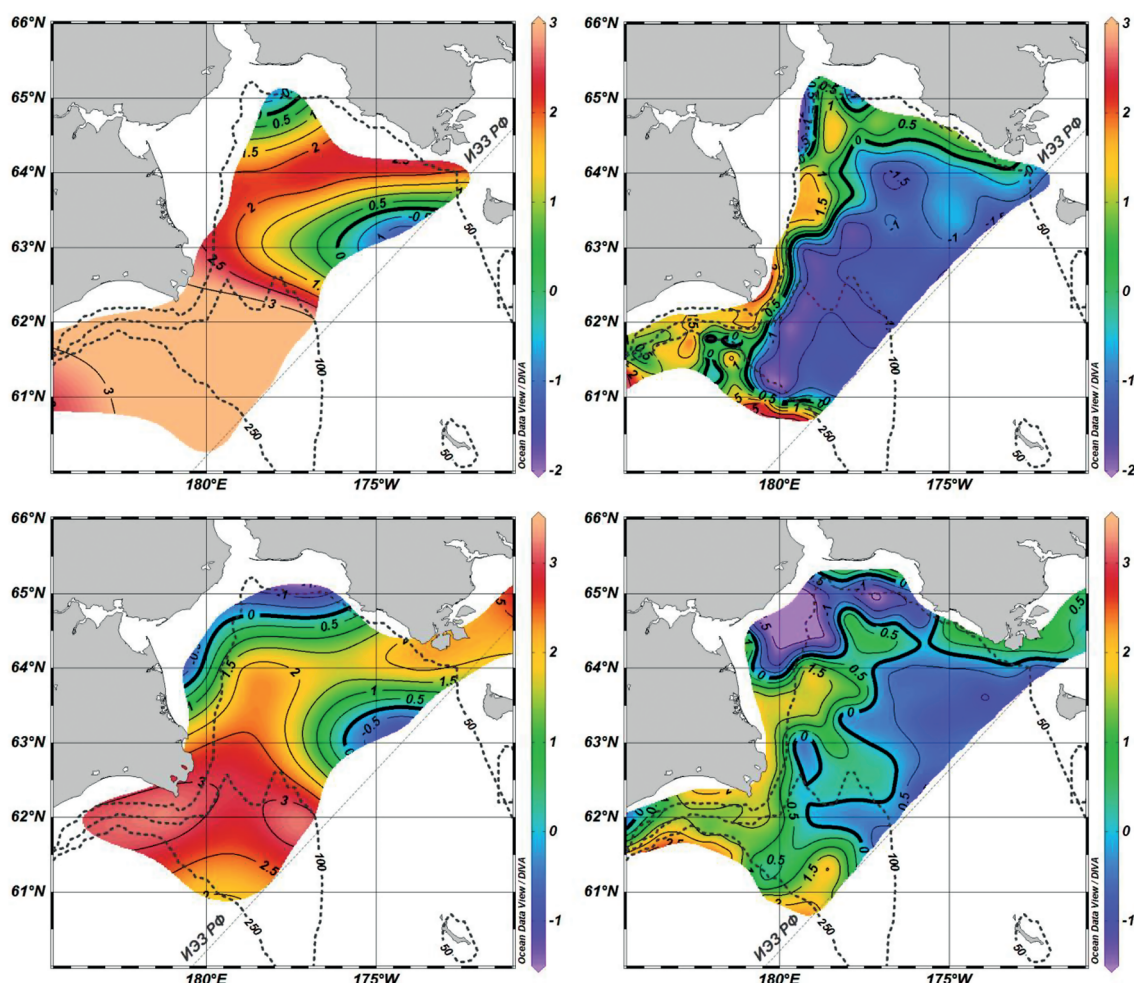


Рис. 2. Распределения температуры на глубине 50 м (вверху) и у дна (внизу) в северо-западной части Берингова моря в августе после мягких (слева – 2003 г.) и суровых (справа – 2012 г.) зим [Зуенко, Басюк, 2017]

Fig. 2. Distribution of water temperature at depth of 50 m (top) and near sea bottom (bottom) in the northwestern Bering Sea in August after mild (2003, left) and severe (2012, right) winters [Zuenko, Basyuk, 2017]

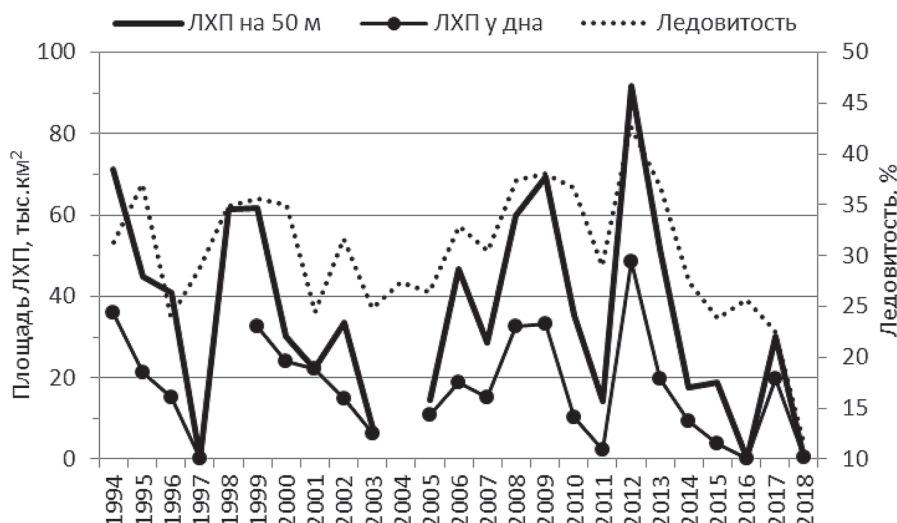


Рис. 3. Межгодовые изменения средней за январь-апрель ледовитости Берингова моря и площади распространения вод с температурой ниже 0 °C на глубине 50 м и у дна в пределах ИЭЗ России в августе-сентябре [Басюк, Зуенко, 2019]

Fig. 3. Interannual variations of ice cover in the Bering Sea (averaged over January-April) and area of water with temperature below 0 °C at depth of 50 m and near bottom within the Russian EEZ in August-September [Basyuk, Zuenko, 2019]

На графиках многолетних изменений температуры воды на поверхности моря (ТПМ) чётко прослеживаются положительные трендовые составляющие как в целом по морю, так и в его отдельных районах (рис. 4 А и В). Ход температуры весной, т. е. в сезон массового нереста минтая, не является исключением. Однако, как показали последние исследования [Хен и др., 2022], многолетние изменения ТПМ не равномерны, в них заметны скачки (климатические сдвиги), когда в течение нескольких лет происходит быстрый рост температуры, после чего она на протяжении ряда лет колеблется около определённого среднего уровня без значимых трендов. В Беринговом море таких скачков было два: один – в 1977 г., второй в 2014 г.

С учётом этих сдвигов временной отрезок с 1950 по 2020 гг. можно разделить на три периода: 1950–1976 гг., 1977–2013 гг. и 2014–2020 гг. (рис. 4 Б и Г). Первый из них условно можно отнести к холодному типу лет, второй – к умеренному, третий, современный – к тёплому. По аналогии со вторым периодом можно предположить, что современный, тёплый период продолжится, по крайней мере, до середины текущего столетия.

Средние температуры для каждого из отмеченных периодов показывают, что второй сдвиг (2014 г.) был более масштабным и по величине превосходил первый сдвиг на 25 % в открытом море и на 35 % в восточном районе. Более резкий скачок температуры на востоке мог иметь как положительный, так и отрицательный эффект для воспроизводительной способно-

сти локальной популяции минтая – основы промыслового запаса в Беринговом море.

Сравнение изменений численности годовиков минтая со сдвигом на один год назад с ходом среднегодовой ТПМ в восточном районе (рис. 4 Г) показало, что урожайные поколения минтая с численностью более 40 млрд экземпляров в возрасте 1 год (средняя – 21 млрд) формировались только в умеренный период. Всего таких поколений было семь: 1978 (4,91 °C), 1982 (4,60 °C), 1989 (4,94 °C), 1992 (4,75 °C), 2008 (4,67 °C), 2012 (4,13 °C), 2013 (4,79 °C) гг.

В современный тёплый период поколения минтая были средними или ниже средних величин. Только в 2018 г. сформировалось поколение с численностью выше среднего уровня (31 млрд) однако оно заметно уступало семи мощным поколениям предыдущего умеренного периода. Мощных поколений не было и в холодный период.

Несомненно, что в умеренный период в Беринговом море в отдельные годы создавались благоприятные сочетания комплекса гидрометеорологических, гидробиологических и биологических условий для высокой выживаемости минтая на ранних стадиях развития. Видимо, не случайно именно в 1980-е гг. проводился широкомасштабный промысел минтая в Командорской и Алеутской котловинах [Шунтов и др., 1993], включая нейтральный анклав и Алеутскую гряду.

Не стала исключением и Карагинская подзона, где в первой половине 1980-х гг. биомасса минтая достигла наибольшей величины. Во второй половине десятилетия она была ниже, но все ещё оставалась на высоком

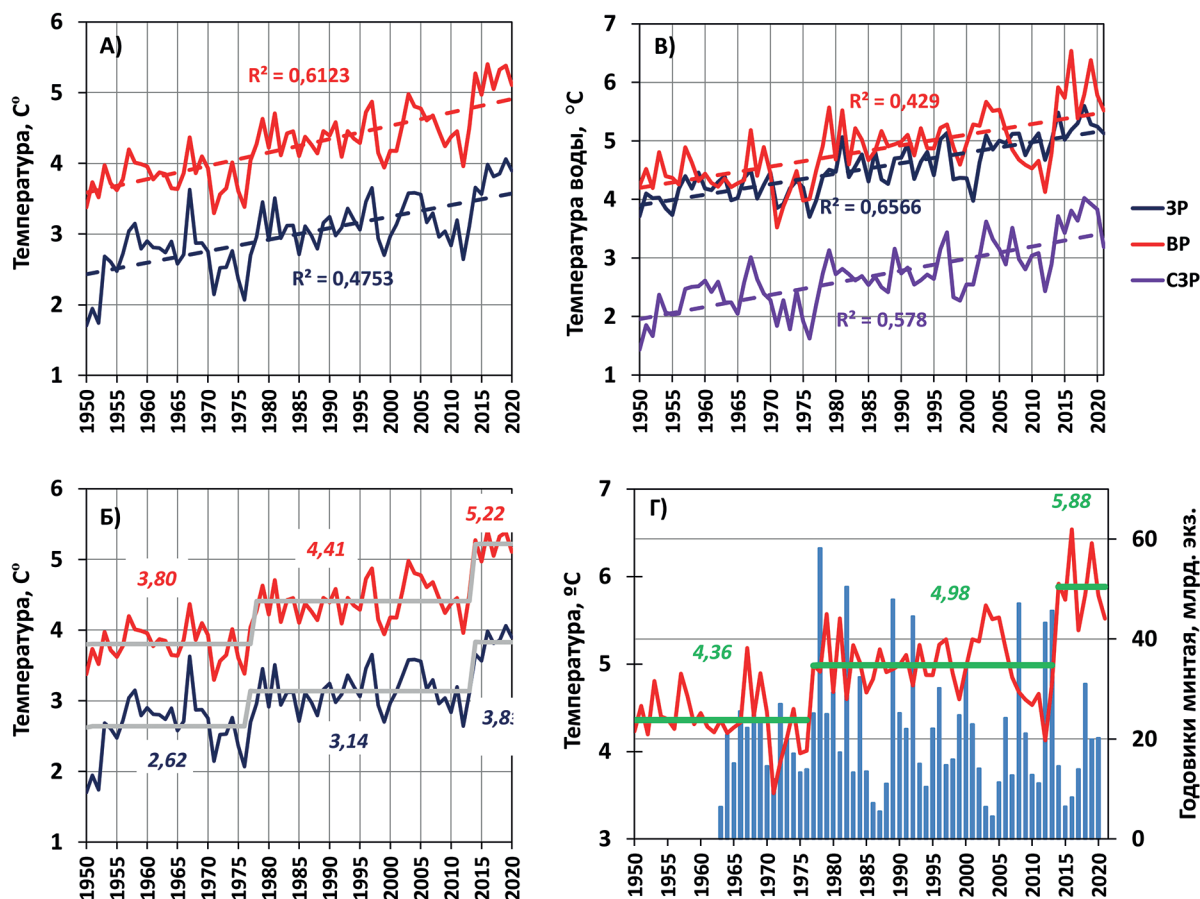


Рис. 4. Многолетние изменения ТПМ в Беринговом море и его отдельных районах с 1950 по 2021 гг. и численности годовиков восточно-берингоморского минтая со сдвигом на один год назад: А) – среднегодовая (красная линия) и весенняя (синяя линия) ТПМ в Беринговом море в целом, их тренды с коэффициентами детерминации; Б) – среднегодовая ТПМ с учётом климатических сдвигов. Серые линии и цифры – средние уровни температуры между климатическими сдвигами и их значения; В) – среднегодовая ТПМ в западном (ЗР), восточном (ВР) и северо-западном (СЗР) районах моря и её линейные тренды; Г) – среднегодовая ТПМ в восточном районе и пополнение восточно-берингоморского минтая в возрасте 1 год. Зелёные линии и цифры – средние между климатическими сдвигами. Положения районов в [Хен и др., 2022]

Fig. 4. Multi-year changes in sea surface temperature (SST) in the Bering Sea and its different regions from 1950–2021 and eastern Bering Sea walleye pollock recruitment at age 1 (bln inds.) with lag of –1 year: A) Mean annual (red line) and mean spring (blue line) SST for the whole Bering Sea, their linear trends and coefficients of determination; B) mean annual and mean spring SST with account of climatic shifts. Grey lines and numbers correspond to average SST levels and their values for each climatic regime; C) – mean annual SST in the western (WR), eastern (ER), and northwestern (NW) regions of the sea and their linear trends; D) mean annual SST in the eastern region and recruitment of eastern Bering Sea pollock at age 1 year, Green lines and numbers correspond to average SST levels and their values for each climatic regime/ Positions of regions is given in [Khen et al., 2022]

уровне. В 1990-е гг. биомасса минтая снизилась здесь в несколько раз, что сильно ограничило возможность его промысла, вплоть до его временного закрытия.

Следует подчеркнуть, что статистическая связь между температурой воды и численностью годовиков минтая слабая, в нашем случае корреляция составила всего лишь $-0,16$. Аналогичный вывод был получен О.А. Булатовым [2015]. Учитывая, что поверхностная температура на восточно-берингоморском шельфе тесно связана с температурой во всей толще воды ($r = 0,63$) [Danielson et al., 2020], можно не принимать

в расчёт влияние термических условий в промежуточных горизонтах, где развивается минтай на ранних стадиях, в формировании численности его поколений.

Климатический сдвиг 2014 г., сопровождавшийся очередным потеплением моря, способствовал более раннему (почти на месяц), чем в умеренный период, выходу минтая из зоны США в российские воды (2019 г). Уровень в 60 т на судосутки лова крупнотоннажным флотом до 2014 г. достигался обычно в конце июня, тогда как в последние годы – уже в конце мая (рис. 5).

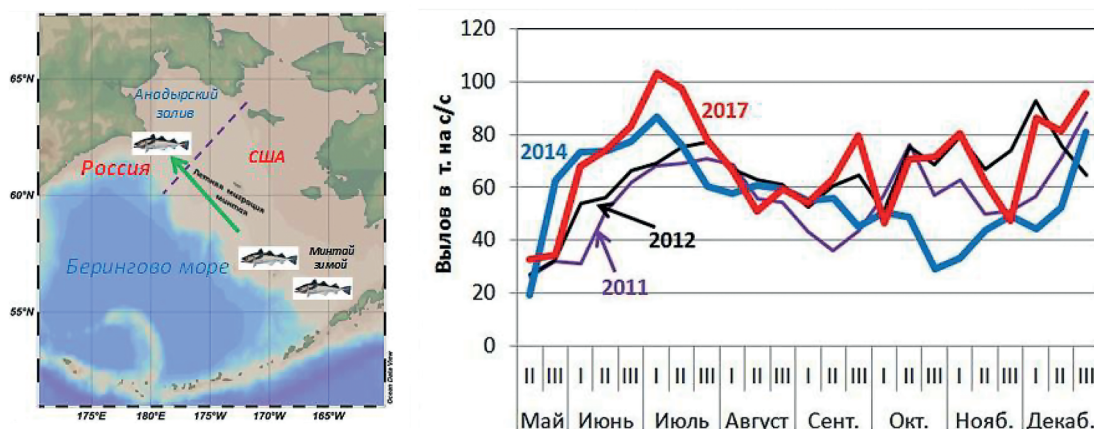


Рис. 5. Путь летней миграции минтая из зоны США в российские воды (А) и внутригодовая динамика суточного вылова минтая крупнотоннажным флотом России в Наваринском районе (Б). Пунктирная линия – граница между ИЭЗ России и США
Fig. 5. Summer migration route of walleye pollock from the US EEZ toward Russian waters (А) and intra-annual dynamics of daily pollock catch by Russian large-tonnage fleet in the Navarin area (B). Dashed line shows the boundary between EEZs of the Russian Federation and United States of America

Высказанное выше предположение, что нынешний тёплый период сохранится до середины текущего столетия, подтверждает модельный прогноз, сделанный Д. Дж. Пилчером [Pilcher et al., 2022]. Предполагается, что к 2050-му году температура воды на шельфе восточной части моря повысится менее чем на 1 °С. Возврата к уровню предыдущего умеренного периода, когда были сформированы несколько мощных поколений минтая, в ближайшие 30 лет не предвидится. Численность поколений минтая, по всей видимости, будет колебаться около среднего уровня (21 млрд экз. в возрасте одного года), в редкие годы достигая 30 млрд экземпляров.

Потепление вод Берингова моря и смежной с ним акватории Арктики способствовало более широкому распространению минтая в южные районы Чукотского моря.

Чукотское море – окраинное шельфовое море Северного Ледовитого океана (СЛО). Поскольку Чукотское море по гидрологическому режиму и биологическим особенностям схоже с северной частью Берингова моря, в биологических исследованиях эти две акватории часто объединяют в соответствующую большую морскую экосистему и рассматривают как единое целое. Море обладает высокой биологической продуктивностью, обусловленной, главным образом, апвеллингом богатых минеральными питательными веществами вод в бассейне Чирикова к югу от Берингова пролива и переносом этих вод в южную часть Чукотского моря [Kawaguchi et al., 2020; Springer, McRoy, 1993] (рис. 6).

Данные по гидрологии Чукотского моря доступны в основном для тёплого сезона (июль–сентябрь). На

шельфе моря летом обычно наблюдается двухслойная структура вод. Верхний слой имеет мощность 10–20 м и представлен следующими водными массами (ВМ): сибирской прибрежной, аляскинской прибрежной и водой, образующейся при таянии льда [Никифоров и Шпайхер, 1980; Ванин, 2010; Pisareva et al., 2015; Хен и др., 2018; Кодрян и др., 2022]. Сибирская прибрежная ВМ поступает в море с Сибирским прибрежным течением через пролив Лонга и распространяется обычно вдоль Азиатского побережья, в отдельные годы достигает Берингова пролива. Эта ВМ опреснена материковым стоком сибирских рек и имеет солёность до 30,0 (часто существенно ниже) [Weingartner et al., 1999]. Её температура в летнее время колеблется в интервале 2,0–4,5 °С [Pisareva et al., 2015], однако в последние годы наблюдались значения до 8,5 °С [Кодрян и др., 2022] и даже выше [Ванин, 2010]. Аляскинская прибрежная ВМ формируется в прибрежной восточной части Берингова моря и поступает в Чукотское море через Берингов пролив [Coachman et al., 1975]. Обычно она распространяется в восточной части моря, но в отдельные годы может занимать и значительную часть акватории в западной части [Pisareva et al., 2015; Кодрян и др., 2022]. Ориентировочный диапазон её температуры 5,0–9,0 °С, солёности – 29,9–32,6 [Pisareva et al., 2015; Danielson et al., 2020; Кодрян и др., 2022]. Вода, образующаяся за счёт таяния льда, обычно значительно холоднее (от –1,0 до +2,0, в отдельные годы до +4,6 °С), имеет солёность 25,8–30,1 [Хен и др., 2018; Кодрян и др., 2022].

Подповерхностный слой отделён от поверхностного пикноклином, верхняя граница которого рас-

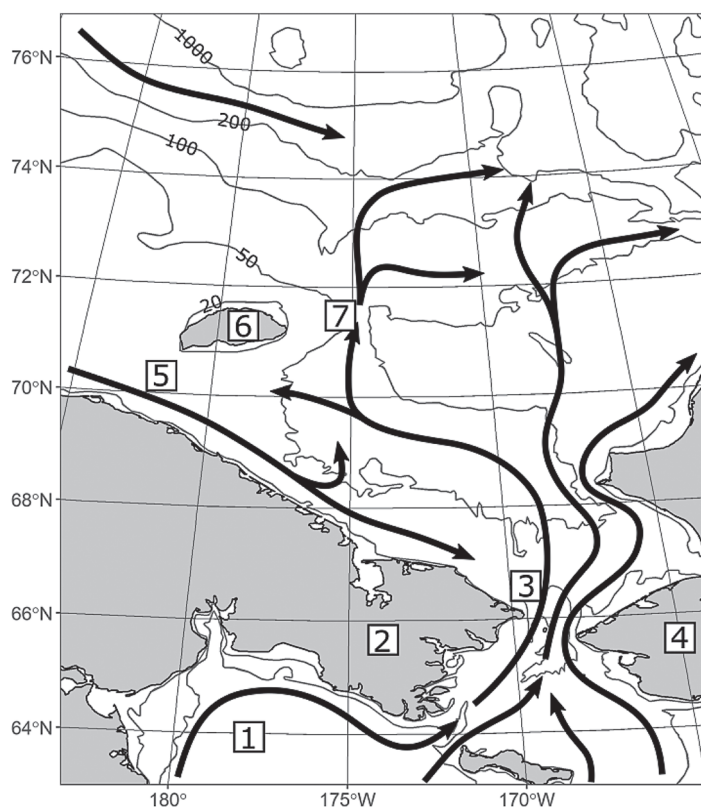


Рис. 6. Батиметрия Чукотского моря и основные течения. Цифрами обозначено: 1 – Анадырский залив, 2 – Чукотский полуостров, 3 – Берингов пролив, 4 – полуостров Сьюард, 5 – пролив Лонга, 6 – остров Врангеля, 7 – каньон Геральда
Fig. 6. Bathymetry of the Chukchi Sea and its main currents: 1 – Gulf of Anadir, 2 – Chukotka Peninsula, 3 – Bering Strait, 4 – Seward Peninsula, 5 – Long Strait, 6 – Wrangel Island, 7 – Gerald Canyon

полагается на горизонтах 10–20 м, иногда глубже, а мощность составляет около 10–20 м. Под пикноклином обычно наблюдается берингоморская летняя ВМ, поступающая через Берингов пролив, или остаточная зимняя ВМ, которая может также поступать в море с юга или формироваться в самом море в зимнее время. Температура этих ВМ составляет 0–3,7 °C и ниже 0 °C, соответственно, солёность – 32,0–33,0 и 30,5–34,6, соответственно. На шельфе моря они наблюдаются до дна. Берингоморская летняя ВМ является результатом смешения двух ВМ Берингова моря (анадырской шельфовой и берингоморской шельфовой). Она распространяется по трём основным направлениям: на западе в сторону каньона Геральда, в центральной части моря, и на восток в сторону каньона Барроу [Coachman et al., 1975; Ванин, 2010; Pisareva et al., 2015] (см. рис. 6).

Вдоль материкового склона на севере наблюдается трансформированная ВМ атлантического происхождения, распространяющаяся с запада на восток [Никифоров, Шпайхер, 1980; Pisareva et al., 2015]. Обычно она располагается на горизонтах ниже 150 м, но в недавние годы наблюдается её подъём вверх до

120 м [Кодрян и др., 2022]. Она имеет температуру выше –1,3 °C и солёность выше 34,6.

Чукотское море ежегодно полностью покрывается льдом; в основном, лёд однолетний. В северной части моря может наблюдаться двухлетний и более старый лёд, но в последние годы его площадь и вероятность наблюдения снижается почти до нуля [Frey et al., 2015]. Освобождение акватории ото льда начинается в конце мая в южной части моря и продолжается до августа-сентября. В последние годы наблюдаются ситуации, когда вся акватория до 75–78° с. ш. летом освобождается ото льда. Ледообразование начинается на севере моря в октябре, а в районе Берингова пролива – в ноябре-декабре [Frey et al., 2015; Кивва и др., 2021].

В последние несколько десятилетий в Чукотском море наблюдаются существенные изменения в условиях среды обитания гидробионтов. В частности, происходит смещение даты начала ледообразования на более поздние сроки и даты очищения акватории ото льда на более ранние [Frey et al., 2015]. Соответственно, уменьшается продолжительность ледового сезона и уменьшается ледовитость района

в летнее время. Такие изменения ледовых условий приводят к более раннему началу весеннего «цветения» фитопланктона [Kahru et al., 2011]. Существует также точка зрения, что в Чукотском море, в целом, увеличивается роль крупноразмерного фитопланктона в весеннем «цветении» [Fujiwara et al., 2016] и суммарная годовая первичная продукция [Brown and Arrigo, 2012]. Это может влиять на обилие кормовых объектов минтая. Однако эти оценки основаны на спутниковых данных и для их уточнения требуются детальные судовые измерения.

Также в последние несколько лет, за которые имеются инструментальные измерения, существует тенденция к увеличению потока относительно тёплых вод из Берингова моря в Чукотское [Woodgate, 2018]. Вместе с увеличением потока солнечной радиации на границе море-атмосфера, связанным с изменениями в ледовых условиях Чукотского моря, это приводит к устойчивому росту температуры поверхностного слоя моря и всего водного столба, по крайней мере, с 2000 г. [Danielson et al., 2020].

Рост температуры воды и, возможно, общее увеличение продуктивности Чукотского моря приводит к увеличению биомассы минтая в водах Чукотского моря. Например, по имеющимся данным за 2010, 2018 и 2019 гг. в западной части Чукотского моря биомасса крупного минтая в эти годы составляла 0,2, 31,6 и 890,0 тыс. т, соответственно [Орлов и др., 2019]. В 2019 г. минтай встречался до 73° 30' с. ш., а его наиболее плотные скопления были обнаружены в юго-западной части моря в районе с глубинами более 50 м и в каньоне Геральда. По существующим представлениям большая часть этого минтая мигрирует из Берингова моря, и его эффективное воспроизводство в Чукотском море отсутствует [Буслов, Овсянников, 2022]. Увеличение биомассы минтая в Чукотском море, по всей видимости, связано с улучшением кормовых условий на фоне климатических изменений.

Воды Восточной Камчатки

Особенности гидрологических условий тихоокеанских вод у восточного побережья Камчатки в весенний период, когда происходит массовый нерест восточнокамчатского минтая [Буслов и др., 2004], определяют несколько основных факторов:

- уровень «суровости» предшествующего осенне-зимнего выхолаживания вод, который формирует теплосодержание и толщину ХПС, где, в основном, обитает минтай;

- уровень подъёма вод ТПС в районе свала глубин и в глубоководных каньонах;

- структура и интенсивность основной струи Камчатского течения, наличие и мощность его меандров, а также их направленность;

- интенсивность весеннего прогрева и ветрового перемешивания, влияющих на формирование тонкого поверхностного слоя воды, отделённого от ХПС достаточно мощным пикноклином.

Во второй половине весеннего сезона у восточного побережья Камчатки формируется трёхслойная структура вод; тёплый поверхностный слой, ХПС осенне-зимнего происхождения и ТПС.

В Камчатском филиале ФГБНУ «ВНИРО» (КамчатНИРО) по данным ежегодных весенних съёмок, выполненных с 2012 по 2022 гг., был рассчитан теплосодержание вод слоя от 20 до 600 м (до дна при меньшей глубине) для периода с апреля по май, который характеризует его энергозапас, и при относительно однородных полях солёности, косвенно отражает структуру поля геострофических течений.

Основной нерест минтая происходит на шельфе в слое 20–200 м [Антонов, 1991], а в глубоководных каньонах Авачинского и Кроноцкого заливов и до горизонта 600 м [Буслов и др., 2004]. Таким образом, на основе произведённых расчётов была получена интегральная оценка термических условий в слое обитания минтая, что позволило выявить некоторые особенности их межгодовой изменчивости.

Анализ распределения теплосодержания вод в исследуемом районе показал, что большую часть акватории занимают воды с его низкими значениями и только в районе глубоководных каньонов Авачинского залива значения резко возрастают. Наблюдаются межгодовые изменения площади и «глубины» этих аномальных районов.

На рис. 7 показаны межгодовые изменения теплосодержания вод в районе исследований. На данном графике приведены также кривые изменения площади льда Берингова моря за предшествующий зимний период и средняя по площади температура поверхности вод его юго-западной части для того же периода года. Соответствие всех трёх графиков достаточно очевидно, что подтверждается и результатами корреляционного анализа. Коэффициенты корреляции значимы ($p < 0,05$) как для пары «теплосодержание — площадь льда» (обратная связь $r = -0,78$), так и «теплосодержание — температура вод поверхности в зимний период года в юго-западной части Берингова моря» (прямая зависимость $r = 0,85$). Следовательно, можно предположить, что уровень теплосодержания вод у восточного побережья Камчатки тесно связан с суровостью зимнего сезона для Берингова моря и особенно его юго-западной части.

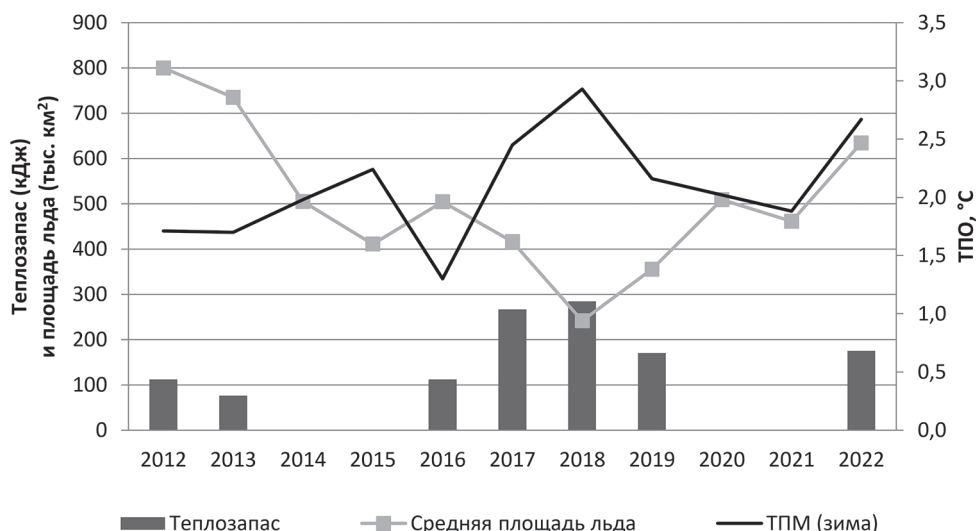


Рис. 7. График межгодового изменения теплозапаса (кДж) обследованного слоя вод у восточного побережья Камчатки для периода апрель–май 2012–2022 гг. в сравнении с изменением средней за зимний период площади льда Берингова моря (тыс. км²) и средней зимней ТПМ в его юго-западной части (°C)

Fig. 7. Interannual variations of heat content (bars, kJ) in the investigated water layer off the Eastern Kamchatka in April-May, 2012–2022 in comparison with mean winter area of the Bering Sea ice cover (gray line, thousands km²) and mean winter SST in the southwestern Bering Sea (black line, °C)

Теплозапас вод в районе исследований характеризуется меньшим уровнем связи с ТПО в этом же районе в зимний период года, чем с ТПО юго-западной части Берингова моря. Это косвенно подтверждает влияние Камчатского течения на термическую структуру вод у восточного побережья Камчатки. Если принять среднюю скорость потока в основной «струе» Камчатского течения за 20 см/с [Хен, 2010], то на путь от м. Наварин до Авачинского залива (более 1200 км) условному объёму вод потребуется около 2,5 месяцев, т. е. воды зимней модификации из района зарождения Камчатского течения, трансформировавшись по пути следования, достигнут мест нереста восточно-камчатского минтая как раз в апреле–мае, т. е. в период, критичный для выживания его личинок.

Таким образом, термические условия во время нереста восточнокамчатского минтая и последующего развития личинок могут быть с достаточной точностью охарактеризованы по данным дистанционного мониторинга, проводимого в осенне-зимний период (с заблаговременностью 2–3 месяца) на акватории западной части Берингова моря.

Охотское море

Циркуляция вод Охотского моря имеет циклонический характер (рис. 8). В его восточной части поступающие через северные проливы Курильской гряды тихоокеанские воды формируют Западно-Камчатское

течение (ЗКТ). Под влиянием склона в северной части моря большая часть вод ЗКТ поворачивает в направлении банки Кашеварова и формирует Срединную ветвь, а другая часть продолжает движение на север (Северная ветвь). Северная ветвь также разделяется на две ветви, направленные, соответственно, в залив Шелихова и на склон и шельф Тауйского залива. Последняя вдоль северных и северо-западных берегов формирует Северо-Охотское течение, максимально развитое осенью и вливающееся впоследствии в Восточно-Сахалинское течение.

В то же время, над глубоководной Курильской котловиной (1500–3900 м) преобладает антициклоническая циркуляция, состоящая из отдельных антициклонических круговоротов. Значительная часть вод Восточно-Сахалинского течения вовлекается в антициклоническую циркуляцию Курильской котловины и формирует северо-восточное течение, которое усиливает западную периферию Западно-Камчатского течения в районе северных Курильских проливов, замыкая циклоническую циркуляцию над глубоководным бассейном Охотского моря.

В толще Охотского моря выделяют 5 водных масс: поверхностную; холодную подповерхностную – собственно, охотоморскую, формируемую осенне-зимним выхолаживанием, ядром которой является минимум температуры; промежуточную охотоморскую – относительно холодную водную массу пониженной солёности, формируемую склоновой конвекцией; про-

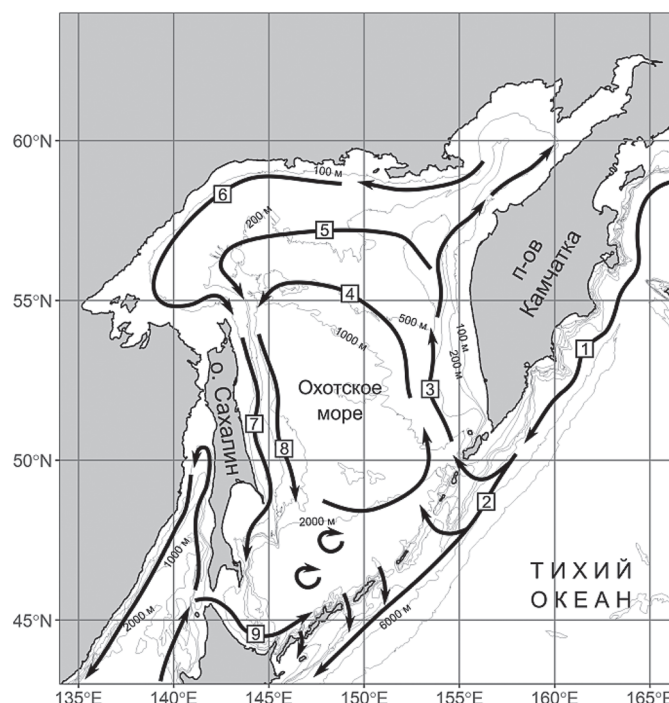


Рис. 8. Батиметрия и схема основных течений Охотского моря и прилегающей части Тихого океана [Чернявский, 1981; Fayman et al., 2020; Ohshima et al., 2002]. Течения: 1 – Восточно-Камчатское; 2 – Курильское; 3 – Западно-Камчатское; 4 – Срединное; 5 – Северо-Охотское (склоновая ветвь); 6 – Северо-Охотское (прибрежная ветвь); 7 – Восточно-Сахалинское (прибрежная ветвь); 8 – Восточно-Сахалинское (склоновая ветвь); 9 – Соя

Fig. 8. Bathymetry and scheme of water circulation in the Sea of Okhotsk and adjacent Pacific Ocean. Currents: 1 – East Kamchatka; 2 – Kuril; 3 – West Kamchatka; 4 – Middle; 5 – Northern Okhotsk (slope branch); 6 – Northern Okhotsk (coastal branch); 7 – East Sakhalin (coastal branch); 8 – East Sakhalin (slope branch); 9 – Soya

межуточную тихоокеанскую, поступающую из океана через проливы, ядром которой является максимум температуры и минимум кислорода; глубинную водную массу южной котловины (ниже горизонта 1500 м), характеризующуюся небольшим понижением температуры с глубиной.

По данным экспедиционных наблюдений (1989–2022 гг.) на шельфе Охотского моря, покрываемом льдом, годовой максимум температуры на горизонте 100 м отмечается в ноябре-декабре, а на свободной ото льда акватории относительно высокие значения сохраняются и в январе. Годовой минимум температуры в водах ЗКТ на глубине 100 м наблюдается в феврале-марте, за пределами течения – в марте-апреле, а в водах впадины ТИНРО – в апреле-июне.

На горизонтах 200–500 м (то есть в промежуточных охотоморских водах) годовой максимум температуры наблюдается в феврале-марте. Отчётливо прослеживается пространственное перемещение максимума температуры: в декабре – феврале он располагался на траверзе Курил, в феврале-марте в полосе от 50° с. ш. до желоба Лебеда, в феврале-мае – в водах Срединной ветви и во впадине ТИНРО, а в мае-июне – в северной и восточной половине впадины Дерюгина (49–

54° с. ш., 146–150° в. д.). Распространение «волны тепла» от Курильских проливов по системе течений моря, по-видимому, обусловлено компенсационной природой поступления тихоокеанских вод в восточную часть моря (отклик на вынос вод западной части моря через южные и центральные проливы, усиливающийся под действием осенне-зимних северных ветров).

В зимне-весенний период в зоне влияния ЗКТ над глубинами более 200 м минтай, как правило, располагался под выхолаженными собственно охотоморскими водами при температуре 1,2–1,8 °С. В это время вдоль склона Западной Камчатки термоклин (слой скачка температуры) отмечался в слое 90–120 м, исключая район Курильской котловины, примыкающий к заливу Камбальный, где термоклин (соответственно и минтай) был заглублён до 200–250 м под влиянием преобладающей антициклонической циркуляции.

На шельфе (при глубинах менее 200 м) нерестовый минтай располагался в основном в придонной толще. Максимум концентраций минтая на изобатах 50–110 м приурочен к срединной фронтальной зоне, отделяющей однородные выхолаженные до дна воды охотоморской водной массы со стороны берега от стратифицированных вод ЗКТ.

На шельфе Западной Камчатки обычно отмечают три очага нереста минтая, определяемые по максимальному скоплению икры 1 стадии: южный ($52^{\circ} - 53^{\circ}$ с.ш), центральный ($54^{\circ}30' - 55^{\circ}30'$ с.ш), северный ($56^{\circ}30' - 57^{\circ}$ с.ш) [Фадеев, Смирнов, 1992²].

Установлено, что чем севернее нерестилище, тем, как правило, больше глубина, на которой происходил нерест. Общее заглубление изобат нереста по мере продвижения в северном направлении хорошо согласуется с заглублением придонного фронта, отделяющего гомогенные воды срединной области шельфа от стратифицированных мористых.

Существует предположение, что скопления минтая (в частности, зимовальные и нерестовые) формируются на акваториях с повышенным притоком тёплых тихоокеанских вод [Васильков, Глебова, 1984; Фадеев, Смирнов, 1992²]. Это предположение подтвердилось при проведении серии повторных съёмов в январе-апреле 1997 и 1998 гг., которые выявили отчётливую приуроченность очагов нереста (зон максимальных концентраций икры минтая 1 стадии) к районам максимальных вторжений языков тёплых вод во внутренние области шельфа.

Установлено также, что в районах с резким пикноклином икра концентрировалась на нём, как на «жидком» грунте; при размытом пикноклине икра была относительно равномерно рассеяна в его толще; в районах с гомогенной структурой вод икры и личинок не было обнаружено (возможно, из-за опускания на дно). Отмечено также и более быстрое развитие икры и личинок в слоях их повышенной концентрации над резким пикноклином [Kanamaru et al., 1979].

Во впадине ТИНРО икра 1 стадии наблюдалась только вдоль её восточного и северного склонов, что сопряжено с прижиманием стрежня тёплых вод Северной ветви ЗКТ в холодную половину года к западно-камчатскому склону. В центральной части впадины ТИНРО, где в период нереста всегда доминировала циклоническая циркуляция, икра практически не наблюдалась.

В распределении икры северного района отмечалась довольно хорошо выраженная закономерность: в тёплые, малоледовитые годы интенсивный нерест отмечался на изобатах 140–150 м притауйского шельфа между $148^{\circ} - 152^{\circ}$ в. д. После суровых зим большой объём холодных, плотных шельфовых вод (ПШВ) препятствовал проникновению вод тёплой Северной ветви ЗКТ на притауйский шельф. В результате, нерест смещался на изобаты

220–240 м северо-западного склона впадины ТИНРО, а также к югу от северо-охотского шельфа между $144^{\circ} - 148^{\circ}$ в. д.

Из обобщённой карты скоплений сеголеток минтая за сентябрь-декабрь, приведённой в работе [Фадеев, Смирнов, 1992²], следует, что все они располагаются в диапазоне придонных температур $-0,5...+1,5^{\circ}\text{C}$ и, что важнее, исключительно на прибрежной стороне областей холода (северо-охотской, западно-камчатской и залива Шелихова). Можно представить, насколько разным будет путь в прибрежные районы и, соответственно, разная судьба ихтиопланктона при нересте основной доли минтая на притауйском шельфе (недалеко от благоприятной прибрежной выростной зоны) или при нересте южнее северо-охотского ядра холода (на значительно большем расстоянии). По этим же причинам нерестилища Западной Камчатки, залива Шелихова и притауйского шельфа в тёплые годы являются наиболее благоприятными для успешного нереста минтая. Возможно, что нерест на южных склонах Возвышенности Лебеда – это вынужденная мера, возникающая в наиболее холодные годы, когда нерестовые изобаты Притауйского шельфа заняты ПШВ и менее благоприятны по термическим и циркуляционным условиям для нереста.

Как уже отмечалось, запасы минтая испытывают большие межгодовые изменения, определённая часть которых не связана с промыслом и имеет природные причины. Исследованию влияния среды на колебания численности минтая северной части Охотского моря посвящён большой ряд работ [например, Качина, Сергеева, 1981; Карманов, 1982; Васильков, Глебова, 1984; Давыдов, 1984; Шунтов, 1985; Золотов, 1991; Фадеев, Смирнов, 1992; Шунтов и др., 1993; Борец, 1997; Klyashtorin, 1998; Фадеев, 2001; Шунтов, 2001].

Г.Е. Карманов [1982] считал, что благоприятными для нереста должны быть тёплые годы с устойчивым направленным на север ЗКТ, с меньшей повторяемостью атмосферных циклонов, с ослаблением доли сильных ветров и волнения. И.В. Давыдов в ранних работах утверждал, что для минтая более благоприятны холодные годы, когда на западной периферии ЗКТ формируются циклонические вихри (предположительно, богатые кормом) и повышается вынос личинок в их пределы. Позднее он присоединился к мнению о том, что благоприятнее тёплые годы и дрейф икры на север [Давыдов, 1984]. В.П. Шунтов [1985, 2001] также пришёл к выводу, что в тёплые типы лет уровень запасов и урожайность минтая повышаются. В работе [Качина, Сергеева, 1981] получены высокие

² Фадеев Н.С., Смирнов А.В. 1992. Распределение и миграции минтая в северной части Охотского моря. Деп. во ВНИЭРХ, УДК 597.21. 51 с.

коэффициенты выживаемости минтая для 1960-х гг., и, считая этот период преимущественно холодным, авторы оценили холодные годы, как более благоприятные. В.П. Васильков и С.Ю. Глебова [1984] констатировали отсутствие прямого влияния термических условий, получив невысокие коэффициенты связи урожайности поколений минтая с ледовитостью зимы текущего года. Также была выявлена слабая связь между коэффициентами выживания минтая и площадью придонных холодных вод в две последующие весны, а также температурой воды в две последующие зимы. Тем не менее, авторы отметили, что урожайность минтая определяется условиями его выживания на ранних стадиях развития и, пришли к выводу, что условия тёплых весенних сезонов благоприятнее, чем холодных.

В работе [Котенёв и др., 2019] выявлена достоверная связь между аномалиями биомассы нерестового запаса и средними зимними аномалиями температуры поверхности Охотского моря для североохотоморской популяции минтая ($r = 0,60$). Установлено, что при положительных аномалиях температуры наблюдается более высокий уровень запасов, чем при отрицательных (рис. 9).

И.В. Давыдов [1975] отметил связь периодов повышенной численности минтая (1964–69 гг. и 1976–80 гг.) с подъёмом солнечной активности в 11-летних циклах, а пониженной численности – с ветвями спада.

Л.Б. Кляшторин [Klyashtorin, 1998] обнаружил наличие высокой корреляции между скоростью вращения Земли и уловами многих массовых видов рыб. Для минтая Северной Пацифики такая связь характеризовалась высоким положительным коэффициентом ($r = 0,84$). Со скоростью вращения тесно связаны индексы глобальных форм атмосферной циркуляции:

при увеличении скорости вращения возрастает повторяемость зональных форм, что сопровождается повышением глобальной температуры воздуха; при замедлении скорости доминируют меридиональные формы циркуляции и отмечается похолодание. Исходя из доминирования в колебаниях скорости вращения 40–60-летней периодичности, автор предположил, что примерно до 2015 г. будет отмечаться усиление повторяемости меридиональных форм циркуляции, следовательно, похолодание и снижение запасов минтая.

Таким образом, большинство исследователей связывает изменение запасов минтая с чередованием тёплых и холодных лет и более успешным его воспроизводством в тёплые типы лет [Васильков, Глебова, 1984; Давыдов, 1984; Фадеев, 2001]. По подсчётам А.Л. Фигуркина [2003] за всю историю изучения минтая в годы, классифицированные как тёплые, отмечалось до 85% всех урожайных и высокоурожайных поколений минтая Охотского моря.

На рис. 10 и 11 показаны, соответственно, изменения средней для каждого слоя обитания минтая среднегодовой температуры воды по всему району нереста и отдельно на шельфе и склоне Западной Камчатки. Все кривые демонстрируют отчетливую тенденцию к росту температуры в период с 1993 г. по настоящее время.

Примерно с 2004 г. по настоящее время в Охотском море отмечается ледовитость ниже среднего многолетнего значения (рис. 12); примерно с этого же времени (с 2006 г.) значительно снизилась и продукция плотных шельфовых вод (рис. 14).

Наблюдаемое повышение теплосодержания промежуточных, а с 2014 г. – и глубинных вод, очевидно, связано с уменьшением продукции ПШВ с условной

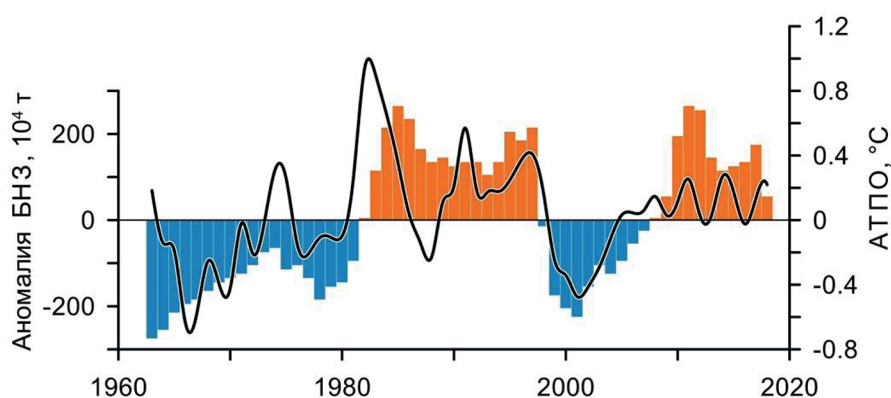


Рис. 9. Динамика аномалий биомассы нерестового запаса минтая северной части Охотского моря (БНЗ, столбики) и средних зимних аномалий температуры поверхности Охотского моря (АТПО, линия)

Fig. 9. Dynamics of anomalies of spawning stock biomass of northern Okhotsk Sea walleye pollock (SSB, bars) and mean winter sea surface temperature anomalies of the Sea of Okhotsk (SSTA, curve line)



Рис. 10. Средняя температура воды в слоях 50–100, 100–200, 200–300 и 300–500 м для района 50–60° с. ш., 140–157° в. д. Пунктирными линиями показаны среднемноголетние значения температуры воды в каждом из слоев

Fig. 10. Mean annual water temperature averaged over water layers: 50–100, 100–200, 200–300, and 300–500 m for the region 50–60°N, 140–157°E. Dashed lines show the mean long-term values of water temperature for each layer

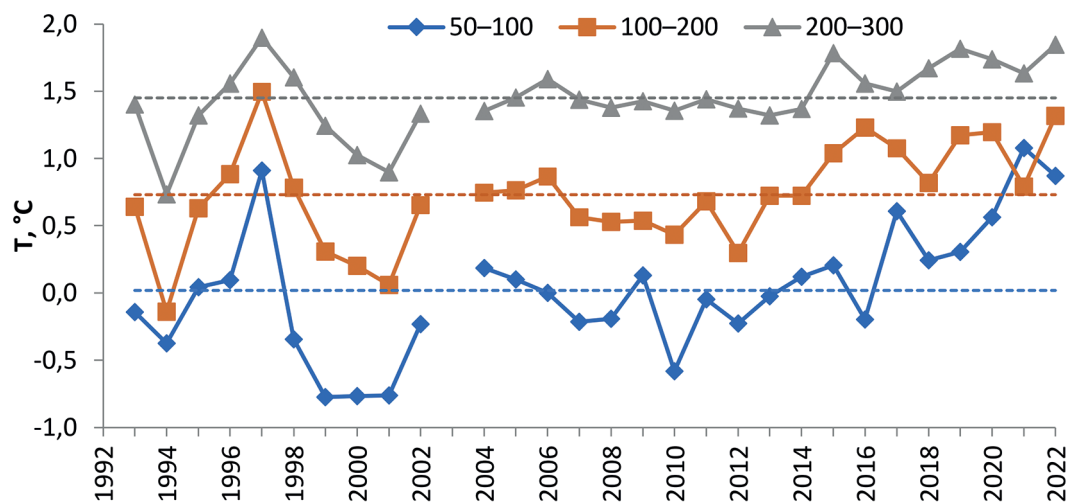


Рис. 11. Средняя температура вод в слоях 50–100, 100–200, 200–300 м на шельфе и склоне Западной Камчатки (50–58° с. ш., 154–156° в. д.). Пунктирными линиями показаны среднемноголетние значения температуры воды в каждом из слоев

Fig. 11. Mean annual water temperature averaged over water layers 50–100, 100–200, and 200–300 m on the shelf and continental slope of West Kamchatka (50–58° N, 154–156° E). Dashed lines show the mean long-term values of water temperature for each layer

плотностью более 26,80, способных скатываться до глубин более 500 м (рис. 13).

Можно предположить, что после мягких зим (когда и формирование сезонного пикноклина начинается значительно раньше, и область влияния стратифицированных вод Северной ветви ЗКТ значительно шире и нерест происходит ближе к будущим выростным

зонам), область, испытывающая наибольшее влияние ЗКТ и традиционно благоприятная для успешного нереста (западно-камчатский шельф), существенно расширяется в сторону залива Шелихова и притауйского района, соответственно увеличивается вероятность появления высокоурожайного поколения, в сравнении с условиями после холодных зим.

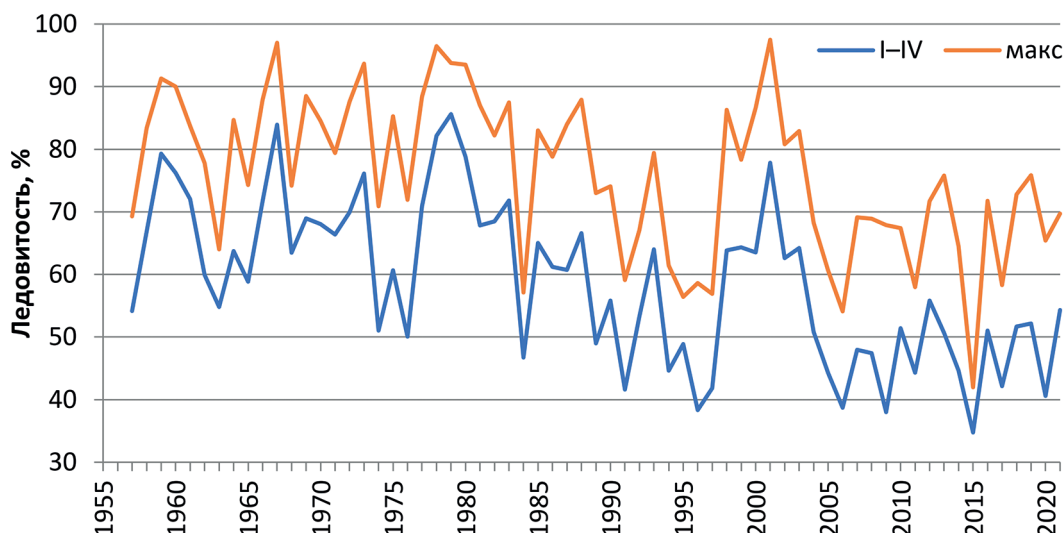


Рис. 12. Изменения средней зимней (январь-апрель) (синий цвет) и максимальной (оранжевый цвет) площади льда в Охотском море за 1957–2021 гг.

Fig. 12. Changes in mean winter (January-April) (blue line) and maximal (orange line) ice cover area in the Sea of Okhotsk for 1957–2021

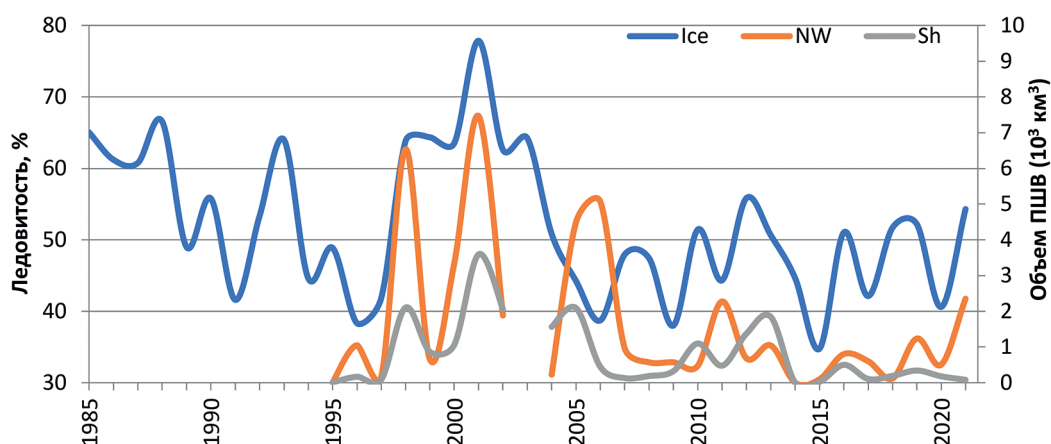


Рис. 13. Средняя за январь-апрель ледовитость (%) Охотского моря и объем ПШВ (10^3 км^3) с условной плотностью более 26,8 в двух основных районах их формирования (шельф Западной Камчатки (Sh) и северо-западный шельф (NW))

Fig. 13. Changes in ice extent (%) averaged over January-April in the Sea of Okhotsk and volume of dense shelf water (DSW Vol) with $\sigma > 26.8$ in two main regions of their formation (West Kamchatka shelf (Sh) and northwestern shelf (NW))

Но возможно также, что устойчивая тенденция к потеплению может иметь и отрицательные последствия: уже сейчас наблюдается не только расширение ареала нагула минтая на север, но и явное ухудшение его воспроизводства на юге ареала.

Следует отметить, что кажущееся противоречие в характере влияния термических условий на урожайность минтая в Беринговом и Охотском морях (в Беринговом море урожайные поколения минтая формируются в годы с близкой к среднегодовой температурой воды, а в Охотском море — в тёплые годы) связано со следующим обстоятельством. Главные места воспроизводства минтая в Охотском

и Беринговом морях — их восточные части. При этом в восточной части Берингова моря температура воды заметно выше, чем на востоке Охотского моря. Поэтому в тёплые для Охотского моря годы, температура воды в Беринговом море находится на уровне средних лет.

Южно-Курильский район (ЮКР)

Основные нерестилища зимне- и весенне-нерестующего минтая расположены с охотоморской стороны ЮКР — в Кунаширском проливе и зал. Простор; тихоокеанская сторона — район нагула молоди и средневозрастного минтая.

Исследования внутригодовой изменчивости океанологических условий с тихоокеанской стороны ЮКР показали их первостепенную зависимость от адвективных факторов [Фигуркин, Жигалов, 2010]. С тихоокеанской стороны ЮКР в марте были выделены два типа шельфовых вод и воды течения Ойясио. Кроме того, в отдельные годы наблюдались значительные загоны охотоморских вод через проливы Фриза и Екатерины.

На основе данных, полученных судами ТИНРО в марте 2000–2022 гг., были рассчитаны средневзвешенные значения температуры и солёности в слоях 0–50 м, 50–100 м и 100–200 м. Расчёт производился для трёх разрезов с океанской стороны в восточной, центральной и западной частях ЮКР начинающихся, соответственно, от пр. Фриза, от зал. Касатка и от пр. Екатерины (рис. 14).

Преобладание на разрезе тех или иных вод, определяющееся интенсивностью и направлением течений, вызывает синхронное изменение температуры и солёности. Так, на разрезе у пр. Екатерины — это шельфовые воды Южно-Курильского пролива, воды Ойясио и загоны из Охотского моря [Фигуркин, Жигалов, 2010]. На разрезе от зал. Касатка — шельфовые воды Итурупа, воды Ойясио и загоны из Охотского моря. На разрезе у пр. Фриза — это охотоморские воды и воды Ойясио. В отдельные очень холодные или тёплые годы в результате теплообмена с атмосферой синхронность термохалинной изменчивости нарушается. Изменчивость на выбранных разрезах характеризует гидрологический режим района в целом.

Колебания средневзвешенных значений температуры и солёности на разрезах с тихоокеанской сто-

роны ЮКР представлены на рис. 15. Как отмечалось выше, на всех разрезах вариации температуры и солёности происходят однонаправленно. Исключения наблюдаются в отдельные годы для слоя 100–200 м. По всем разрезам (по району) не выявлено трендов повышения или понижения температуры и солёности. При этом наименьшие температуры при низкой солёности во всей рассматриваемой толще вод отмечены на разрезе от пр. Екатерины, высокие температура и солёность — на разрезе от пр. Фриза, промежуточные — на разрезе от зал. Касатка.

В марте 2000, 2013 и 2017 гг. на разрезе от пр. Екатерины преобладали охотоморские воды за счёт интенсивного стока из пр. Екатерины. В 2001, 2007 и 2018 гг. преобладали воды Ойясио за счёт интенсификации течения. В остальные годы на разрезе преобладали шельфовые воды Южно-Курильского пролива. В 2001 г. отмечена низкая температуры в слое 100–200 м. В 2018–2022 гг. наблюдалась повышенная средневзвешенная температура в слое 0–200 м.

В марте 2013 и 2017 гг. на разрезе от залива Касатка преобладали охотоморские воды в слое 50–100 м за счёт стока из пр. Фриза. В 2007, 2018 и 2019 на разрезе преобладали воды Ойясио. В остальные годы наблюдались шельфовые воды. В 2001 г. отмечено низкое теплосодержание в слое 0–200 м. В 2018–2022 гг. наблюдалось повышенное теплосодержание в слое 0–200 м.

Разрез от пр. Фриза отличается значительной изменчивостью теплосодержания. В марте 2005, 2006, 2012–2014, 2017 и 2019 гг. на разрезе преобладали охотоморские воды, в 2000–2002, 2004, 2007–2011, 2015, 2018, 2020–2022 гг. — воды течения Ой-

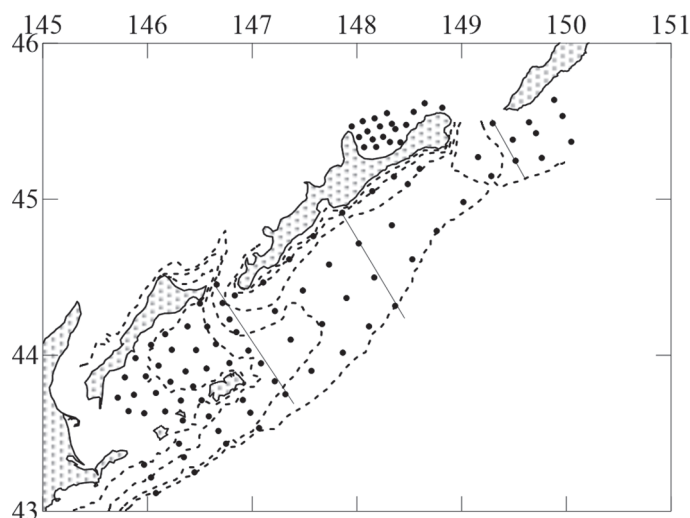


Рис. 14. Схема разрезов и положение станций в тихоокеанских водах ЮКР
Fig.14. Scheme of sections and stations in Pacific waters of the South Kuril Region

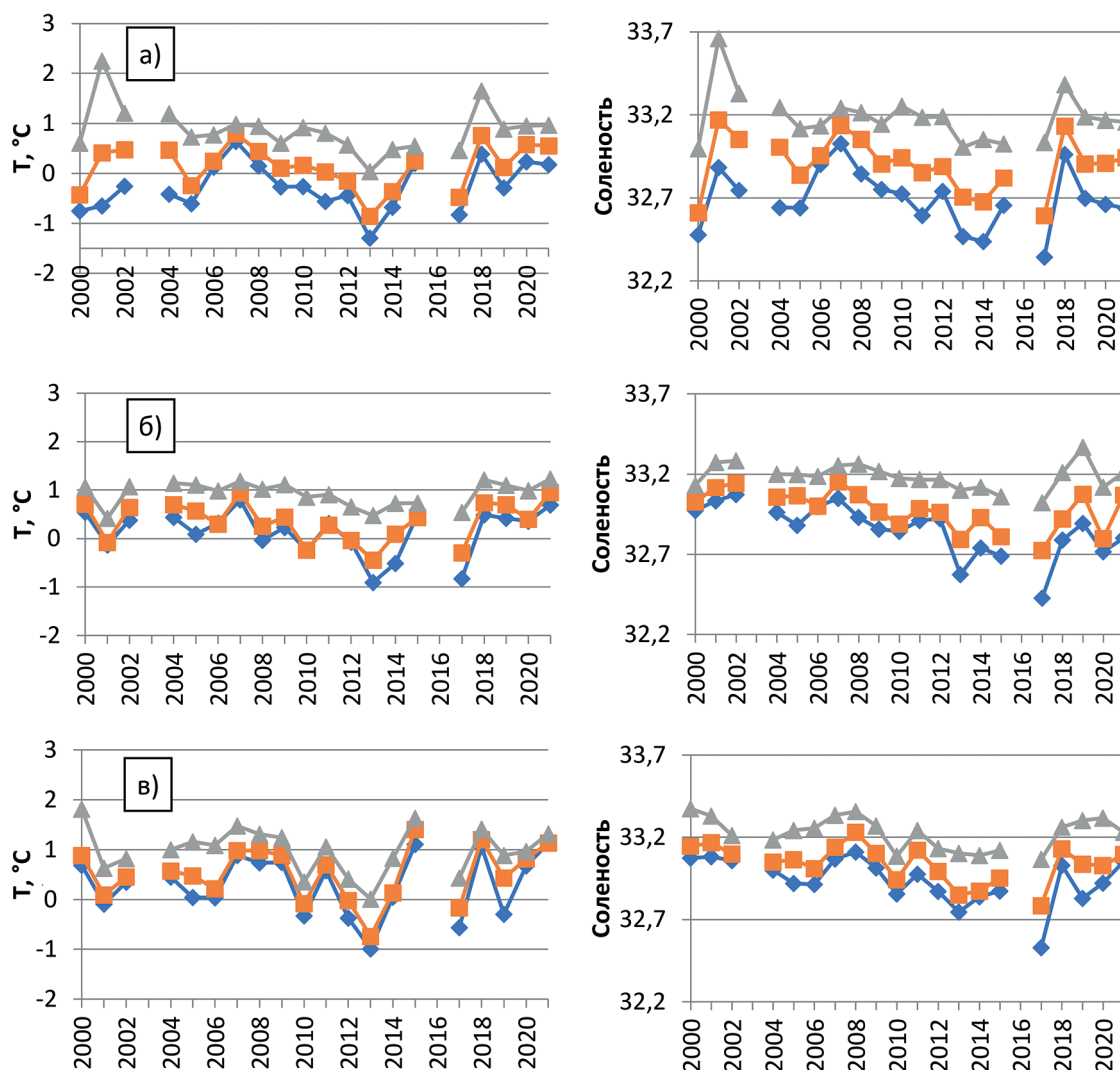


Рис. 15. Изменчивость средневзвешенной температуры (слева) и солёности вод (справа) в марте 2000–2022 гг. в тихоокеанской части ЮКР в слое 0–50 м (синие линии), 50–100 м (оранжевые линии) и 100–200 м (серые линии). Разрезы: (а) от пр. Екатерина, (б) от зал. Касатка, (в) от пр. Фриза

Fig. 15. Variations of mean weighted temperature (left panels) and salinity (right panels) in March, 2000–2022, in Pacific waters of the South Kuril region for layers of 0–50 m (blue), 50–100 m (orange), and 100–200 m (gray). Transections: (a) from the Strait of Ekaterina, (b) from the Kasatka Bay, (v) from the Vries Strait

ясио. В 2001 г. наблюдалось низкое теплосодержание в слое 100–200 м, а в 2018–2022 гг. — повышенное теплосодержание в слое 100–200 м.

Таким образом, в марте 2013 и 2017 гг. охотоморские воды преобладали на рассматриваемой акватории океанской стороны ЮКР за счёт интенсивного стока через проливы Екатерины и Фриза, в 2007 и 2018 гг. преобладали воды течения Ойясио.

В 2001 г. по всему району наблюдалось низкое теплосодержание в слое 0–200 м, поэтому его можно отнести к аномально холодным. В период 2018–2022 гг. наблюдалось повышенное теплосодержание в слое 0–200 м, поэтому эти годы можно характеризовать как тёплые.

Следует отметить, что на акватории мелководного Южно-Курильского пролива всегда преобладают шельфовые воды, формирующиеся за счёт постоянного стока охотоморских вод в большей степени через пролив Екатерины, в меньшей — через Кунаширский пролив. На акватории Южно-Курильского пролива практически всегда преобладают южные — юго-западные потоки с выносом вод через пролив Шпанберга и другие проливы Малой Курильской гряды [Фигуркин, Жигалов, 2010].

Основной промысел минтая ведётся с тихоокеанской стороны Южных Курил, здесь добывается более 80% всего улова. В течение 2000-х гг. вылов минтая составлял 7–10 тыс. т, в последнее десятилетие он увеличился до 70–105 тыс. т. Основные промысловые

скопления в весенние месяцы формируются преимущественно недалеко от берега в придонном слое шельфовой зоны и начале свала глубин [Овсянникова и др., 2021]. Летом рыба смещается дальше от берега за пределы шельфа и формирует скопления в верхней части промежуточных вод.

Особенности циркуляции вод определяют дрейф и распределение икры минтая по акватории ЮКР в марте [Овсянникова и др., 2010]. Очевидно, что межгодовая изменчивость поля течений и, соответственно, положение водных масс обуславливает не только распределение икры, но и оказывает влияние на её выживаемость. Это, в свою очередь, может являться одним из факторов формирования урожайности поколений минтая в ЮКР.

Японское море

Климато-океанологическая система Японского моря, находящегося на южной периферии ареала минтая, принципиально отличается от условий в основных районах его обитания и, можно сказать, чужда этому виду. Прежде всего, Японское море является единственным морем Мирового океана, через которое проходит планетарный Субарктический фронт. Эта особенность определяет резкие различия между северо-западной – субарктической и юго-восточной – субтропической его частями. Активному поступлению субтропических вод в пределы моря с Цусим-

ским течением (в среднем $2,6-2,7 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$ [Taegue et al., 2005]) немало способствует сильный летний муссон, под действием которого расход течения в конце лета возрастает до $7,2-7,7 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$ [Hahn, 1991]. Напротив, зимой Японское море подвержено влиянию зимних муссонных ветров, из-за чего зимы в этом регионе весьма суровы. Огромные потери тепла поверхностью моря зимой в сочетании с отсутствием тёплого промежуточного слоя (океанические промежуточные воды не проникают в Японское море из-за мелководности проливов) обуславливают развитие мощной конвекции, которая до последнего времени вентилировала всю 3,5-километровую толщу вод моря. Этим объясняется исключительно высокое насыщение глубинных слоёв Японского моря кислородом – не ниже 4,9–5,2 мл/л в слое минимума кислорода на глубинах 1400–1800 м [Лучин, 2004]. Однако в последние десятилетия из-за потепления климата мощность глубокой конвекции уменьшилась примерно до 400 м, а основная конвекция, вентилировавшая придонный слой моря, сильно ослабла, поэтому в глубинном и придонном слоях содержание кислорода снижается.

Минтай в Японском море обитает преимущественно в промежуточной водной массе. Холодный подповерхностный слой здесь слабо развит, и в субарктическом секторе моря промежуточные воды располагаются непосредственно под сезонным пикноклином (рис. 16). На всей акватории моря эта водная масса

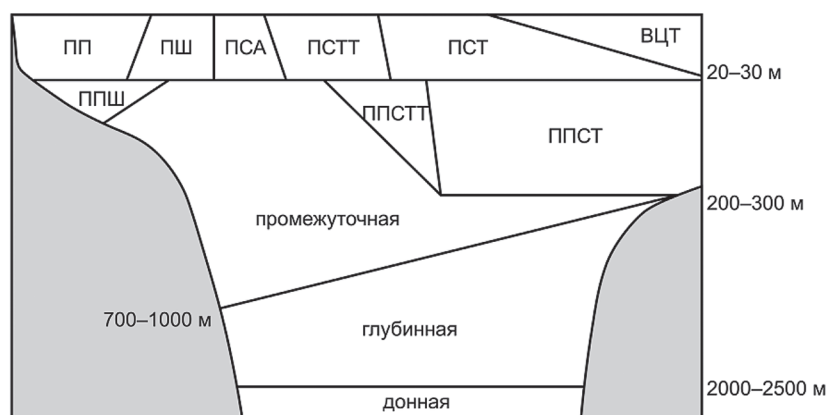


Рис. 16. Схема расположения водных масс на условном разрезе с северо-запада на юго-восток Японского моря. *Водные массы:* ПП – прибрежная поверхностная, ПШ – поверхностная шельфовая (Приморского течения), ПСА – поверхностная субарктическая, ПСТТ – поверхностная субтропическая трансформированная, ПСТ – поверхностная субтропическая, ВЦТ – Цусимского течения, ППШ – подповерхностная шельфовая, ППСТТ – подповерхностная субтропическая трансформированная, ППСТ – подповерхностная субтропическая. Подповерхностная субарктическая и донная шельфовая водные массы на схеме не показаны

Fig. 16. Scheme of water masses at conventional section in the Sea of Japan from northwest to southeast. Water masses: CS – coastal surface water, SS – surface shelf water (Primorskoye current), SSA – surface subarctic water, MSST – modified surface subtropical water, SST – surface subtropical water, TsCW – Tsushima current water, SSS – subsurface shelf water, MSSST – modified subsurface subtropical water, SSST – subsurface subtropical water. Subsurface subarctic water and bottom shelf water are not shown on the scheme

имеет примерно одинаковые характеристики (температура 0,5–1,5 °С, солёность от 34,04–34,06 на севере до 34,07–34,10 на юге моря), что позволило минтаю освоить как субарктический, так и субтропический сектора, безотносительно условий в верхнем слое моря.

Крупномасштабные изменения океанологических условий в Японском море в последние десятилетия направлены в сторону потепления во всех слоях. На поверхности потепление обусловлено, в основном, ослаблением зимнего муссона и потому более выражено в зимний сезон, причём, после сдвига 1988–1989 гг. сохраняется относительно стабильный режим с повышенной температурой (рис. 17). В промежуточной водной массе, вентилируемой зимой, рост температуры наблюдается и зимой, и летом, причём, он не прекратился, а лишь замедлился в последние годы (рис. 18). Межгодовые изменения температуры воды значительно превосходят изменения климатического масштаба по амплитуде, но происходят разнонаправленно. Помимо изменений термического режима, для Японского моря актуальны также тенденции усиления тёплых течений и смещения к северу Полярного фронта.

При широком распределении нагульного минтая, нерест его япономорских популяций проходит на нескольких локальных нерестилищах, расположение которых определяет популяционную структуру. Их локализация обусловлена особенностями циркуляции вод, т. к. в условиях Японского моря с сильными течениями для успешного воспроизводства важно,

чтобы пелагическая икра минтая не выносилась с нерестилищ в районы с иными, неблагоприятными для её развития условиями. Такой режим обеспечивается в трёх крупных заливах, где на периферии вдольбереговых течений образуются антициклонические круговороты: Корейском зал. и зал. Петра Великого на материковом побережье и зал. Исикари на западном побережье о. Хоккайдо. Соответственно выделяются корейская, приморская и хоккайдская популяции минтая. В российской литературе часто рассматривается ещё и западносахалинская популяция, однако её самостоятельность является предметом дискуссий. Хотя нерест минтая у берегов Юго-Западного Сахалина возможен, скорее всего, это является следствием экспансии хоккайдской популяции. На сахалинском побережье отсутствуют крупные заливы и соответственно условия для удержания икры минтая в пределах небольшого района с оптимальными условиями для её развития, который можно было бы рассматривать в качестве основного нерестилища. Для других популяций также свойственно расширение зон нереста в периоды высокой численности, при этом нерестовые зоны корейской и приморской популяции смыкаются. В частности, в юго-западной части зал. Петра Великого наблюдался нерест обеих популяций, но в разные сроки: корейского минтая – осенью, а приморского – весной [Фадеев, 1981].

Изменения климатического масштаба проявляются в динамике численности всех япономорских популяций минтая. В последние десятилетия для них характерна тенденция к снижению численно-

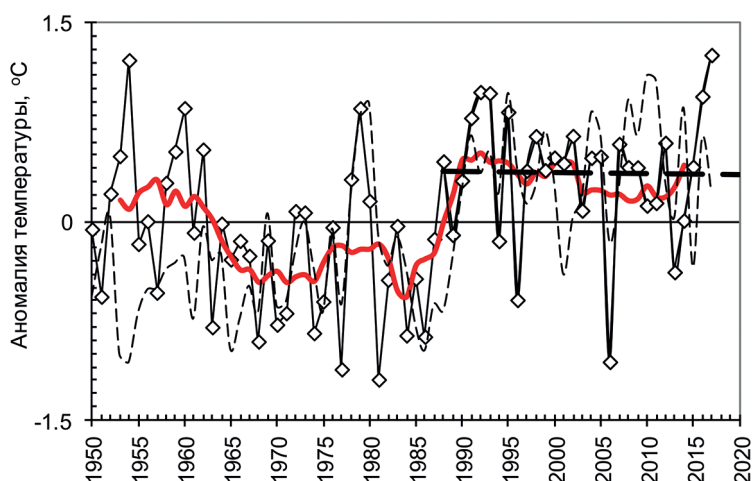


Рис. 17. Межгодовые изменения зимних аномалий температуры на поверхности южной (35–38° с. ш.) (сплошная линия) и северной (40–46° с. ш.) (пунктирная линия) частей Японского моря. Для южной части показаны результаты скользящего 7-летнего сглаживания (красная кривая) и современный линейный тренд (жирная пунктирная линия)

Fig. 17. Interannual changes of winter SST anomalies for the southern (35–38° N) (solid line) and northern (40–46° N) (dashed line) zones of the Japan Sea. The 7-year smoothing (red curve) and recent linear trend (thick dashed line) are shown for the southern zone



Рис. 18. Межгодовые изменения летних аномалий температуры верхнего слоя промежуточных вод на стандартном разрезе по 132° в. д. (у континентального склона Приморья между 41°30'-42°20' с. ш.) в июне-августе. Показаны результаты скользящего 7-летнего сглаживания и современный линейный тренд

Fig. 18. Interannual changes of water temperature anomaly for the upper Intermediate water in summer, by the data of standard section along 132° E (between 41°30'-42°20'N, at the continental slope). The 7-year smoothing and recent linear trend are shown

сти (рис. 19). Однако межгодовые изменения запасов в разных популяциях могут различаться. Так, на фоне общего негативного тренда, наблюдались периоды роста численности минтая после появления одного или нескольких высокоурожайных поколений: в Восточно-Корейском заливе в 1968–1977 гг., в зал. Петра Великого – в 1973–1978, 1997–2003 и 2019–2022 гг., у минтая хоккайдской популяции – в 1968–1982 гг. [Шунтов и др., 1993, с дополнениями за последние годы]. Если депрессивное состояние представляется вполне логичным для популяций, обитающих на южной периферии ареала холодноводного вида, потепление климата сказывается на них неблагоприятно, то в межгодовом масштабе влияние условий среды на япономорский минтай неочевидно. На примере более крупных и более важных в промысловом отношении популяций минтая Охотского и Берингова морей известно, что в условиях повышенных температур могут формироваться относительно высокочисленные поколения минтая [см., напр., Давыдов, 1986]. Для Японского моря такая закономерность тоже вроде бы отмечается. Так, в периоды роста численности корейского минтая в 1950-х и 1970-х гг. в районе нерестилищ преобладали положительные аномалии температуры воды в зимний период [Шунтов и др., 1993]; изменения численности минтая у юго-западного побережья Сахалина в течение 1950–1970-х гг. удивительно синхронны с изменениями средней температуры воды на стандартном разрезе в Татарском

проливе в зимний период [Зверькова, 1981]. Г.М. Гаврилов и А.М. Безлюдный [1986] сообщают о формировании урожайных поколений минтая зал. Петра Великого в годы с положительными аномалиями температуры воды весной. Однако ещё более значительное повышение температуры воды у берегов Кореи в 1990-е гг., напротив, привело к коллапсу корейской популяции, а у берегов Сахалина в последние десятилетия минтая неизменно мало, несмотря на все вариации температуры.

Для объяснения влияния условий среды на воспроизводство и, следовательно, численность минтая в Японском море предложено несколько гипотез. В.П. Шунтов с соавторами [Шунтов и др., 1993] использует известную концепцию «совпадения-несовпадения» сроков перехода личинок на внешнее питание со сроками весенней вспышки развития планктона, предполагая, что в годы с повышенными температурами воды весной весенняя вспышка начинается раньше обычного, уже в марте, что благоприятно для питания личинок минтая. Однако эта гипотеза нуждается в подтверждении данными наблюдений. Во всяком случае, затруднительно распространять её на все популяции минтая в Японском море, сильно различающиеся по срокам нереста и весеннего «цветения». Другая гипотеза о механизме связи термических условий с успешностью воспроизводства минтая основывается на концепции «удерживания» личинок на высококормных участках моря: Л.М. Зверькова [1981]



Рис. 19. Годовой вылов минтая в Японском море Россией, Южной Кореей и Японией
Fig. 19. Annual landing of walleye pollock in the Japan Sea by Russia, South Korea and Japan

отмечает, что годы с «тёплыми» зимами отличаются повышенной интенсивностью Цусимского течения, которое выносит икру и личинки минтая хоккайдской популяции в Татарский пролив, где личинки и молодь находят благоприятные условия для нагула. К сожалению, этот механизм «работал» лишь до 1970-х гг. В.А. Нуждин [2004] предполагает, что для минтая благоприятны периоды «общего похолодания». Ю.И. Зуенко [2008], анализируя влияние температуры верхних горизонтов промежуточных вод на численность поколений минтая зал. Петра Великого, заметил, что для сглаженных рядов характерна отрицательная связь – в периоды потепления популяция находилась в депрессии, а высокая численность наблюдалась в периоды длительных похолоданий 1950-х и 1970–1980-х гг., но после удаления сглаженного сигнала из анализируемых рядов обнаруживается положительная связь, хотя и неустойчивая – урожайные поколения минтая 1959, 1968, 1975 гг. сформировались в относительно «тёплые» годы, а слабые поколения 1966, 1970–1971, 1979–1980 гг. – в годы с относительно низкими температурами.

При анализе динамики численности поколений минтая в отдельных популяциях отмечено, что лишь смену долговременных тенденций можно интерпретировать как результат внешнего воздействия на популяции. В частности, современные негативные тренды изменения численности поколений (следствием которых является снижение запасов) связываются с изменениями климата в сторону потепления: для приморской популяции – с ростом температуры во всех слоях моря, включая промежуточный, что приво-

дит к неблагоприятной для минтая перестройке всей экосистемы [Зуенко, Нуждин, 2018], а для хоккайдской популяции – с усилением Цусимского течения, что препятствует удерживанию икры и личинок минтая в области с благоприятными для их развития условиями в зал. Исикари [Funamoto, 2011].

По результатам недавних исследований межгодовые изменения численности поколений минтая японских популяций регулируются биологическими механизмами, прежде всего, фактором плотности [Зуенко, Нуждин, 2018, 2020]. Попытка аппроксимации уравнением кривой Рикера зависимости индекса численности поколений приморского минтая от нерестового запаса показала, что соотношение запаса и пополнения для всей совокупности данных единой кривой Рикера аппроксимировать невозможно, так как параметры этой зависимости меняются с изменениями условий среды. В результате формируются «волны» численности с длиной «волны», сопоставимой с продолжительностью жизни минтая, внутри каждой из которых 1–2 урожайных поколения, появляющиеся в условиях низкого нерестового запаса, подавляют воспроизводство в другие годы. Механизмом, обеспечивающим отрицательную зависимость пополнения от запаса, помимо характерной для всех видов внутривидовой конкуренции за пищевые ресурсы, для минтая может быть также каннибализм, так как минтай поедает личинки и молодь своего вида [Шунтов и др., 1993].

После режимного сдвига к потеплению промежуточных вод Японского моря в начале 1990-х гг. (см. рис. 17) произошло резкое снижение ёмкости био-

топа приморской популяции минтая. В последующие десятилетия температура в промежуточном слое продолжала рост, а ёмкость биотопа для минтая — соответственно, сокращение, вплоть до нулевого значения в годы последней «волны» численности приморской популяции [Зуенко, Нуждин, 2018]. Поскольку промежуточные воды Японского моря имеют местное происхождение, рост их температуры является результатом региональной тенденции к ослаблению зимнего муссона: чем слабее Сибирский антициклон, тем устойчивее холодные северные, северо-западные ветры, тем меньше выхолаживается поверхность моря зимой и тем выше температура промежуточных вод в последующие годы.

Современные климатические изменения чрезвычайно сильно повлияли на экосистемы, находящиеся на южной периферии субарктической зоны, к северу от Субарктического фронта: летом поверхностный слой в этих районах стал сильно прогреваться, усилились вторжения в них субтропических вод, многие субтропические виды рыб и даже планктона стали мигрировать или переноситься течениями в эти районы, видовое разнообразие в прифронтовой зоне увеличилось, а продуктивность и обилие планктона снизились. В частности, В.П. Шунтов и др. [2010] указывают на снижение общего запаса планктона в российских водах Японского моря с 70 до 50 млн т, а Н.Т. Долганова и Ю.И. Зуенко отметили снижение в 1990-е гг. примерно вдвое биомассы основной пищи молоди минтая — зоопланктона непосредственно у берегов Приморья [Kang et al., 2012]. Происходит перестройка пограничной экосистемы, которая, номинально оставаясь субарктической, меняет свои характеристики, прежде всего продуктивность и эффективность функционирования, в направлении, приближающем их к характеристикам субтропических экосистем. В итоге минтай уже не является видом, хорошо приспособленным к жизни в такой, изменённой экосистеме, т. к. изменился видовой состав его пищи и уменьшилось её обилие, вместе с тем усилилась пищевая конкуренция со стороны других видов нектона, прежде всего, тихоокеанского кальмара. Поэтому в условиях продолжающегося потепления климата естественно ожидать сохранения неблагоприятных экологических последствий для минтая, обитающего на южной периферии субарктической зоны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Потепление вод в дальневосточных морях России, продолжающееся на протяжении не менее трёх последних десятилетий, оказывает сильное влияние на состояние различных популяций минтая.

В Беринговом море в период 1950–2020 гг. выявлены два климатических сдвига — в 1977 и 2014 гг., характеризовавшихся скачкообразным ростом температуры. При первом климатическом сдвиге произошёл переход от холодного (1950–1976 гг.) к умеренному (1977–2013 гг.) периоду, при втором — от умеренного к аномально тёплому (2014–2020 гг.) периоду. Урожайные поколения восточноберинговоморского минтая формировались только в умеренный период. В тёплый период выход минтая из зоны США в российские воды происходит с месячным опережением, что благоприятно для отечественного промысла в Наваринском районе и Анадырском заливе.

Потепление вод Охотского моря в сочетании с тенденцией к уменьшению его ледовитости способствуют расширению ареала нагула минтая не только в северном направлении, но и в западную часть моря, характеризующуюся суровыми природными условиями, что повышает её рыбопромысловый потенциал.

Потепление Японского моря обуславливает депрессивную тенденцию для всех япономорских популяций минтая. Вместе с тем, на фоне депрессии в современных (аномально тёплых) условиях, по-прежнему, возможно формирование отдельных высокоурожайных поколений минтая любой япономорской популяции.

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» и его филиалов, «ТИНРО» и «КамчатНИРО».

ЛИТЕРАТУРА

- Антонов Н.П. 1991. Биология и динамика численности восточнокамчатского минтая. Автореф. ... канд. биол. наук. Владивосток: ИБМ ДВНЦ РАН. 23 с.
- Арсеньев В.С. 1967. Течения и водные массы Берингова моря. М.: Наука. 135 с.
- Басюк Е.О., Зуенко Ю.И. 2019. Берингово море 2018 — экстремально малоледовитый и тёплый год // Известия ТИНРО. Т. 198. С. 119–142.
- Борец Л.А. 1997. Донные ихтиоцены российского шельфа Дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. Владивосток: ТИНРО. 216с.
- Булатов О.А. 2015. К вопросу о методологии прогнозирования запасов и стратегии промысла минтая // Труды ВНИРО. Т. 157. С. 45–70.

- Буслов А.В., Овсянников Е.Е. 2022. Некоторые аспекты биологии и промысла минтая *Theragra chalcogramma* юго-западной части Чукотского моря в связи с его размерно-возрастной структурой // Известия ТИНРО. Т. 202. № 2. С. 316–328.
- Буслов А.В., Тепнин О.Б., Дубинина А.Ю. 2004. Особенности экологии нереста и эмбриогенеза восточнокамчатского минтая // Известия ТИНРО. Т. 138. С. 282–298.
- Ванин Н.С. 2010. Термохалинная структура вод на юго-западном шельфе Чукотского моря при противоположных режимах атмосферной циркуляции летом 2003 и 2007 гг. // Метеорология и гидрология. № 7. С. 54–64.
- Васильков В.П., Глебова С.Ю. 1984. Факторы, определяющие урожайность поколений минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) (Gadidae) Западной Камчатки // Вопросы Ихтиологии. Т. 24. Вып. 4. С. 561–570.
- Гаврилов Г.М., Безлюдный А.М. 1986. Динамика численности минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) юго-западной части Японского моря // Тресковые дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. С. 5–25.
- Давыдов И.В. 1986. О природе длительных изменений численности рыб и возможности их предвидения // Динамика численности промысловых животных дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. С. 3–7.
- Давыдов И.В. 1984. О сопряженности развития океанологических условий в основных рыбопромысловых районах Дальневосточных морей // Известия ТИНРО. Т. 109. С. 3–16.
- Дашко Н.А. 1998. Метеорологический режим // Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 9. Охотское море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. Л.: Гидрометеиздат. С. 25–91.
- Зверькова Л.М. 1981. Влияние естественных факторов и промысла на численность минтая северо-восточной части Японского моря // Экология, запасы и промысел минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 28–40.
- Золотов О.Г. 1991. Распределение и дрейф икры и личинок минтая у западного побережья Камчатки // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб Камчатского шельфа. Вып. 1. Ч. 1. С. 167–182.
- Зуенко Ю.И. 2008. Промысловая океанология Японского моря. Владивосток: ТИНРО. 227 с.
- Зуенко Ю.И., Басюк Е.О. 2017. Влияние изменений океанологических условий на состав и обилие зоопланктона в Наваринском промысловом районе Берингова моря и их значение для российского минтаевого промысла // Известия ТИНРО. Т. 189. С. 103–120.
- Зуенко Ю.И., Нуждин В.А. 2018. Влияние современных изменений океанологических условий в Японском море на состояние запасов приморской популяции минтая // Вопросы рыболовства. Т. 19. № 3. С. 377–386.
- Зуенко Ю.И., Нуждин В.А. 2020. Рикеровский анализ динамики численности двух популяций минтая в Японском море // Труды ВНИРО. Т. 179. С. 156–173.
- Ильинский О.К. 1965. Опыт выделения основных форм циркуляции над Дальним Востоком // Труды ДВНИГМИ. Вып. 20. С. 26–45.
- Карманов Г.Е. 1982. Некоторые особенности динамики Западно-Камчатских вод в период воспроизводства минтая // Экология и условия воспроизводства рыб и беспозвоночных дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО. С. 9–13.
- Качина Т.Ф., Сергеева Н.П. 1981. Динамика численности восточно-океанского минтая // Экология, запасы и промысел минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 19–27.
- Кивва К.К., Селиванова Ю.В., Писарева М.Н., Сумкина А.А. 2020. Роль физических процессов в формировании весеннего «цветения» фитопланктона в Беринговом море // Труды ВНИРО. Т. 181. С. 206–222.
- Кодрян К.В., Кивва К.К., Зубаревич В.Л., Педченко А.П. 2019. Массы западной части Чукотского моря в августе 2019 года и их гидрохимические особенности // Океанология. В печати.
- Котенёв Б.Н., Булатов О.А., Кровнин А.С. 2019. Перспективы отечественного рыболовства до 2035 года в условиях меняющегося климата // Вопросы рыболовства. Т. 20. № 4. С. 395–435.
- Кузнецов М.Ю., Басюк Е.О., Чульчиков Д.Н., Сыроваткин Е.В. 2013. Распределение и гидрологические условия обитания минтая в северо-западной части Берингова моря в летне-осенний период // Известия ТИНРО. Т. 174. С. 104–124.
- Лучин В.А. 2004. Газовый режим // Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. VIII. Японское море. Вып. 2. СПб.: Гидрометеиздат. С. 27–69.
- Никифоров Е.Г., Шнайхер А.О. 1980. Закономерности формирования крупномасштабных колебаний гидрологического режима Северного Ледовитого океана. Л.: Гидрометеиздат. 270 с.
- Нуждин В.А. 2004. Океанологические аспекты распределения и биологии минтая в водах Приморья // Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том VIII. Японское море. Вып. 2. СПб.: Гидрометеиздат. С. 210–215.
- Овсянникова С.Л., Авдеев Г.В., Фигуркин А.Л., Овсянников Е.Е., Шейбак А.Ю. 2010. Нерест минтая и гидрологические условия у южных Курильских островов в марте 2007 г. // Вопросы рыболовства. Т. 11. № 3(43). С. 534–544.
- Овсянникова С.Л., Овсянников Е.Е., Новиков Ю.В. 2021. Распределение и условия обитания минтая *Theragra chalcogramma* у Южных Курильских островов // Известия ТИНРО. Т. 201. Вып. 2. С. 340–358.
- Орлов А.М., Бензик А.Н., Ведищева Е.В., Гафицкий С.В., Горбатенко К.М., Горянина С.В., Зубаревич В.Л., Кодрян К.В., Носов М.А., Орлова С.Ю., Педченко А.П., Рыбаков М.О., Соколов А.М., Сомов А.А., Субботин С.Н., Таптыгин М.Ю., Фирсов Ю.Л., Хлебородов А.С., Чикилев В.Г. 2019. Рыбохозяйственные исследования в Чукотском море на НИС «Профессор Леванидов» в августе 2019 г.: некоторые предварительные результаты // Труды ВНИРО. Т. 178. С. 206–220.
- Седаева О.С., Шевченко Г.В. 2001. О взаимосвязи сезонных вариаций уровня моря и атмосферного давления в районе Курильской гряды // Динамические процессы на шельфе Сахалина и Курильских островов. Ю.-Сахалинск: Ин-т морской геологии и геофизики Сахалинского центра ДВО РАН. С. 81–93.

- Фадеев Н.С. 1975. Распределение минтая в северной части Тихого океана // Известия ТИНРО. Т. 96. С. 143–148.
- Фадеев Н.С. 1981. Сроки размножения и нерестовых подходов минтая // Экология, запасы и промысел минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 3–18.
- Фадеев Н.С. 1987. Нерестилища и сроки размножения минтая северной части Охотского моря // Популяционная структура динамика численности и экология минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 5–22.
- Фадеев Н.С. 2001. Урожайность поколений североохотского минтая // Вопросы рыболовства. Т. 2. № 6. С. 299–318.
- Фигуркин А.Л. 2003. Океанологические условия шельфа и склона Охотского моря в холодную половину года и их влияние на нерест минтая. Автореф. ... канд. геогр. наук. Владивосток: ТИНРО-Центр. 24 с.
- Фигуркин А.Л., Жигалов И.А. 2010. Гидрометеорологические условия Южно-Курильского района в феврале-марте 2000–2009 гг. // Вопросы промысловой океанографии. Вып. 7, № 1. С. 34–51.
- Хен Г.В. 1997. Межгодовая динамика гидрологических областей на шельфе западной части Берингова моря в связи с меандрированием Камчатского течения // Известия ТИНРО. Т. 122. С. 480–492.
- Хен Г.В. 1999. Пространственно-временная характеристика вод Анадырского залива и прилегающей области шельфа в летне-осенний период // Известия ТИНРО. Т. 126. С. 587–602.
- Хен Г.В. 2010. Гидрометеорологическая характеристика западной части Берингова моря // Современное состояние экосистемы западной части Берингова моря. / ред. П.Р. Макаревич. Ростов н/Дон.: С. 14–36.
- Хен Г.В., Басюк Е.О., Кивва К.К. 2018. Водные массы и рыбные сообщества в северо-западной части Берингова и западной части Чукотского морей летом 2003–2010 гг. // Труды ВНИРО. Т. 173. С. 137–156.
- Хен Г.В., Устинова Е.И., Сорокин Ю.Д. 2022. Многолетние изменения термических условий на поверхности дальневосточных морей и СЗТО и их связь с крупномасштабными климатическими процессами // Известия ТИНРО. Т. 202(1). С. 187–207.
- Чернявский В.И. 1981. Циркуляционные системы Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 105. С. 13–19.
- Шунтов В.П. 1985. Биологические ресурсы Охотского моря. М.: Агропромиздат. 224 с.
- Шунтов В.П. 2001. Биология дальневосточных морей России. Т. 1. Владивосток: ТИНРО. 580 с.
- Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. 426 с.
- Шунтов В.П., Волков А.Ф., Долганова Н.Т., Заволокин А.В., Темных О.С., Найденов С.В., Волвенко И.В. 2010. К обоснованию экологической ёмкости дальневосточных морей и субарктической Пацифики для пастбищного выращивания тихоокеанских лососей. Сообщение 2. Состав, запасы и динамика зоопланктона и мелкого нектона — кормовой базы тихоокеанских лососей // Известия ТИНРО. Т. 160. С. 185–208.
- Brown Z.W., Arrigo K.R. 2012. Contrasting trends in sea ice and primary production in the Bering Sea and Arctic Ocean // ICES J. Mar. Sci. V. 69(7). P. 1180–1193.
- Coachman L.K., Aagaard K., Tripp R.B. 1975. Bering Strait: the regional physical oceanography. University of Washington Press, Seattle and London. 172 p.
- Danielson S.L., Ahkinga O., Ashjian C., Basyuk E., Cooper L.W., Eisner L., Farley E., Iken K.B., Grebmeier J.M., Juraneck L., Khen G., Jayne S.R., Kikuchi T., Ladd C., Lu K., McCabe R.M., Moore G.W.K., Nishino S., Ozenna F., Pickart R.S., Polyakov I., Stabeno P.J., Thoman R., Williams W.J., Wood K., Weingartner T.J. 2020. Manifestation and consequences of warming and altered heat fluxes over the Bering and Chukchi Sea continental shelves // Deep Sea Res. II. Vol. 177.
- Favorite F., Dodiemead A.J., Nasu K. 1976. Oceanography of the Subarctic Pacific region, 1960–1971 // International North Pacific Fisheries Commission. Bulletin number 33. 187 pp.
- Fayman P.A., Prants S.V., Budyansky M.V., Uleysky M.Y. 2020. New circulation features in the Okhotsk Sea from a numerical model // Izv. — Atmos. Ocean. Phys. V. 56(6). P. 618–631.
- Frey K.E., Moore G.W.K., Cooper L.W., Grebmeier J.M. 2015. Divergent patterns of recent sea ice cover across the Bering, Chukchi, and Beaufort seas of the Pacific Arctic Region // Progr. Oceanogr. V. 136. P. 32–49.
- Fujiwara A., Hirawake T., Suzuki K., Eisner L., Imai I., Nishino S., Kikuchi T., Saitoh S.I. 2016. Influence of timing of sea ice retreat on phytoplankton size during marginal ice zone bloom period on the Chukchi and Bering shelves // Biogeosciences. V. 13(1). P. 115–131.
- Funamoto T. 2011. Causes of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) recruitment decline in the northern Sea of Japan: implications for stock management // Fish. Oceanogr. V. 20. № 2. P. 95–103.
- Hahn S.D. 1991. Estimation of mean volume transport for Tsushima Warm Current // Bull. Fish. Res. Dev. Agency. № 45. P. 23–29.
- Kahru M., Brotas V., Manzano-Sarabia M., Mitchell B.G. 2011. Are phytoplankton blooms occurring earlier in the Arctic? // Glob. Change Biol. 17(4). P. 1733–1739.
- Kanamaru S., Kitano Y., Yoshida H. 1979. Distribution of Eggs and Larvae of Alaska Pollack in Waters around the Kamchatka Peninsula // Bull. Of Hokk. Reg. Fish. Res. Lab. V.44. P. 1–23.
- Kang Y.S., Jung S., Zuenko Y., Choi I., Dolganova N. 2012. Regional differences in response of mesozooplankton to long-term oceanographic changes (regime shifts) in the northeastern Asian marginal seas // Prog. Oceanogr. V. 97–100. P. 120–134.
- Kawaguchi Y., Nishioka J., Nishino S., Fujio S., Lee K., Fujiwara A., Yanagimoto D., Mitsudera H., Yasuda I. 2020. Cold water upwelling near the Anadyr Strait: Observations and simulations // J. Geophys. Res. Oceans. V. 125(9). 2020JC016238.
- Khen G.V. 1989. Oceanographic conditions and Bering Sea biological productivity // Proc. Int. Symp. Biol. Walley. Pollock. Nov. 1989, Anchorage, Alaska. Fairbanks (Alaska). P. 79–89.

- Khen G.V., Basyuk E.O., Vanin N.S., Matveev V.I. 2013. Hydrography and biological resources in the western Bering Sea // Deep-Sea Res. II. V. 94. P. 106–120.
- Kinder T.H., Schumacher J.D. 1981. Hydrographic structure over the continental shelf // The Eastern Bering Sea: oceanography and resources. Seattle: Univ. of Wash. Press. P. 31–52.
- Klyashtorin L.B. 1998. Long-term climate change and main commercial fish production in the Atlantic and Pacific // Fish. Res. V. 37. P. 115–125.
- Minobe S., Nakamura M. 2004. Interannual to decadal variability in the southern Okhotsk Sea based on a new gridded upper water temperature data set // J. Geophys. Res. V. 109. C09S05, doi:10.1029/2003JC001916.
- Minobe S., Sako A., Nakamura M. 2004. Interannual to interdecadal variability in the Japan Sea based on a new gridded upper water temperature data set // J. Phys. Oceanogr. V.34. P. 2382–2397.
- Ohshima K.I., Wakatsuchi M., Fukamachi Y., Mizuta G. 2002. Near-surface circulation and tidal currents of the Okhotsk Sea observed with satellite-tracked drifters. J. Geophys. Res. Oceans. V. 107(C11). P. 16.
- Ohtani K. 1973. Oceanographic structure in the Bering Sea // Mem. Fac. Fish. Hok. Univ. V. 2. N 1. P. 64–106.
- Pilcher D.J., Cross J.N., Hermann A.J., Kearney K.A., Cheng W., Mathis J.T. 2022. Dynamically downscaled projections of ocean acidification for the Bering Sea // Deep-Sea Res. II. V. 198.
- Pisareva M.N., Pickart R.S., Spall M.A., Nobre C., Torres D.J., Moore G.W.K., Whitledge T.E. 2015. Flow of Pacific water in the western Chukchi Sea: Results from the 2009 RUSALCA expedition // Deep-Sea Res. I. V. 105. P. 53–73.
- Serreze M.C., Crawford A.D., Stroeve J.C., Barrett A.P., Woodgate R.A. 2016. Variability, trends, and predictability of seasonal sea ice retreat and advance in the Chukchi Sea // J. Geophys. Res. Oceans. V. 121(10). P. 7308–7325.
- Springer A.M., McRoy C.P. 1993. The paradox of pelagic food webs in the northern Bering Sea – III. Patterns of primary production // Cont. Shelf Res. V. 13. № 5. P. 575–599.
- Stabeno P.J., Danielson S.L., Kachel D.G., Kachel N.B., Mordy C.W. 2016. Currents and transport on the Eastern Bering Sea shelf: An integration of over 20 years of data // Deep-Sea Res. II. V. 134. P. 13–39.
- Taegue W.J., Hwang P.A., Jacobs G.A., Book J.W., Perkins H.T. 2005. Transport variability across the Korea/Tsushima Strait and the Tsushima Island wake // Deep-Sea Res. V. 52. P. 1784–1801.
- Takenouti A.Y., Ohtani K. 1974. Currents and water masses in the Bering Sea: A review of Japanese works // Oceanography of the Bering Sea: with emphasis on renewable resources. Inst. of Marine Science Univ. of Alaska, Fairbanks. P. 39–57.
- Thompson D.W.J., Wallace J.M. 1998. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields // Geophys. Res. Lett., 25. P. 1297–1300.
- Weingartner T.J., Danielson S., Sasaki Y., Pavlov V., Kulakov M. 1999. The Siberian Coastal Current: a wind and buoyancy-forced arctic coastal current // J. Geophys. Res. № 104. 29697–29713.
- Woodgate R.A. 2018. Increases in the Pacific inflow to the Arctic from 1990 to 2015, and insights into seasonal trends and driving mechanisms from year-round Bering Strait mooring data // Prog. Oceanogr. V. 160. P. 124–154.

REFERENCES

- Antonov N.P. 1991. Biology and dynamics of abundance of East Kamchatka pollock. Synopsis of candidate of science (biology) dissertation. Vladivostok: IBS FESC RAS. 23 p. (In Russ.).
- Arsen'ev, V.S. 1967. Currents and Water Masses in the Bering Sea. Moscow: Nauka, 1967. (In Russ.).
- Basyuk E.O., Zuenko Yu.I. 2019. Bering Sea: 2018 as the extreme low-ice and warm year // Izvestiya TINRO. 2019. V. 198(3). P. 119–142. (In Russ.).
- Borets L.A. 1997. Bottom ichthyofauna of the Russian shelf of the Far Eastern seas: composition, structure, elements of functioning and commercial significance. Vladivostok: TINRO-Tsentr. 216 p. (In Russ.).
- Bulatov O.A. 2015. On the question of the methodology of stock assessment forecasting and pollock fishery strategy // Trudy VNIRO. V. 157. P. 45–70. (In Russ.).
- Buslov A.V., Ovsyannikov E.E. 2022. Some aspects of biology and fishery of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the southwestern Chukchi Sea relative to the size and age structure // Izvestiya TINRO. V. 202. No 2. P. 316–328. (In Russ.).
- Buslov A.V., Tepnin O.B., Dubinina A. Yu. 2004. Some features of spawn ecology and embryogenesis of the East Kamchatka walleye pollock // Izvestiya TINRO. V. 138. P. 282–298. (In Russ.).
- Vanin N.S. 2010. Thermohaline water structure on the southwestern Chukchi Sea shelf under conditions of opposite regimes of atmospheric circulation in summer periods of 2003 and 2007 // Russian Meteorology and Hydrology. V. 35. No 7. P. 468–475.
- Vasil'kov V.P., Glebova S. Yu. 1984. Factors determining year-class strength of West Kamchatka walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas) (Gadidae) // Journal of Ichthyology. V. 24. No 4. P. 561–570. (In Russ.).
- Gavrilov G.M., Bezlyudnyy A.M. 1986. Population dynamics of pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas) in the southwestern part of the Sea of Japan. In: Codfish of the Far Eastern seas. Vladivostok: TINRO. P. 5–25. (In Russ.).
- Davydov I.V. 1986. On nature of long-term changes in fish abundance and possibility of their prediction // Abundance dynamics of commercial animals of the Far Eastern seas. Vladivostok: TINRO. P. 3–7. (In Russ.).
- Davydov I.V. 1984. On associativity of oceanographic conditions development in the main fisheries areas of the Far East seas // Izvestiya TINRO. V. 109. P. 3–16. (In Russ.).
- Dashko N.A. 1998. Meteorological regime // Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas. V. 9. Okhotsk Sea. Issue 1. Hydrometeorological conditions. Leningrad: Gidrometeoizdat. P. 25–91.
- Zverkova L.M. 1981. Influence of natural factors and fisheries on pollock abundance in the northeast Sea of Japan // Ecology, stocks and fisheries of pollock. Vladivostok: TINRO. P. 28–40. (In Russ.).

- Zolotov O.G. 1991. Distribution and drift of eggs and larvae of pollock off western coast of Kamchatka // Investigation of biology and abundance dynamics of commercial fishes of Kamchatka shelf. V. 1. Part 1. P. 167–182. (In Russ.).
- Zuenko Yu.I. 2008. Fisheries oceanography of the Sea of Japan. Vladivostok: TINRO. 227 p. (In Russ.).
- Zuenko Yu.I., Basyuk E.O. 2017. Impact of changing oceanographic conditions on species composition and abundance of zooplankton on the fishing grounds at Cape Navarin and their importance for the Russian pollock fishery in the Bering Sea // Izvestiya TINRO. V. 189. P. 103–120. (In Russ.).
- Zuenko Yu.I., Nuzhdin V.A. 2018. Impact of modern changes of oceanographic conditions in the Sea of Japan on state of the Primorye pollock population // Problems of Fisheries. V. 19. No 3. P. 377–386. (In Russ.).
- Zuenko Yu.I., Nuzhdin V.A. 2020. Ricker analysis of dynamics for two populations of walleye pollock in the Sea of Japan // Trudy VNIRO. V. 179. P. 156–173. (In Russ.).
- Il'inskii O.K. 1965. Experience of defining the main forms of atmospheric circulation over the Far East // Trudy DVNIGMI. V. 20. P. 26–45. (In Russ.).
- Karmanov G.E. 1982. Some peculiarities of dynamics of West-Kamchatka waters during pollock spawning period // Ecology and reproduction conditions of fish and invertebrates of Far East seas and north-western Pacific Ocean. Vladivostok: TINRO. P. 9–13. (In Russ.).
- Kachina T.F., Sergeeva N.P. 1981. Dynamics of abundance of east Okhotsk Sea pollock // Ecology, stocks and fisheries of pollock. Vladivostok: TINRO. P. 19–27. (In Russ.).
- Kivva K.K., Selivanova Yu.V., Pisareva M.N., Sumkina A.A. 2020. Role of physical processes in formation of spring phytoplankton bloom in the Bering Sea // Trudy VNIRO. V. 181. P. 206–222. (In Russ.).
- Kodryan K.V., Kivva K.K., Zubarevich V.L., Pedchenko A.P. Water masses in the western part of the Chukchi Sea in august 2019 and their hydrochemical features // Oceanology. In press.
- Kotenev B.N., Bulatov O.A., Krovnin A.S. 2019. Prospects of national fishery by 2035 under the changing climate // Problems of Fisheries. V. 20. No 4. P. 395–435. (In Russ.).
- Kuznetsov M. Yu., Basyuk E.O., Chulchekov D.N., Syrovatkin E.V. 2013. Distribution and oceanographic conditions of habitat for walleye pollock in the northwestern Bering Sea in summer-fall season // Izvestiya TINRO. V. 174. P. 104–124. (In Russ.).
- Luchin V.A. 2004. Gaseous regime // Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas. Vol. VIII. Sea of Japan. Issue 2. Saint-Petersburg: Gidrometeoizdat. P. 27–69. (In Russ.).
- Nikiforov E.G., Shpaikher A.O. 1980. Regularities of the formation of largescale fluctuations in the hydrological regime of the Arctic Ocean. Leningrad: Gidrometeoizdat. 270 p. (In Russ.).
- Nuzhdin V.A. 2004. Oceanographic aspects of distribution and biology of pollock in the waters of Primorye // Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas. Vol. VIII. Sea of Japan. Issue 2. Saint-Petersburg: Gidrometeoizdat. C. 210–215. (In Russ.).
- Ovsyannikova S.L., Avdeev G.V., Figurkin A.L., Ovsyannikov E.E., Sheybak A. Yu. 2010. Walleye pollock spawning and hydrological conditions off the southern Kuril Islands in March 2007 // Problems of Fisheries. V. 11. No 3(43). P. 534–544. (In Russ.).
- Ovsyannikova S.L., Ovsyannikov E.E., Novikov Y.V. 2021. The distribution of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, and conditions of its habitat off the southern Kuril Islands // Russian Journal of Marine Biology. V. 47. No 7. P. 548–562. (In Russ.).
- Orlov A.M., Benzik A.N., Vedishcheva E.V., Gafitsky S.V., Gorbatenko K.M., Goryanina S.V., Zubarevich V.L., Kodryan K.V., Nosov M.A., Orlova S. Yu., Pedchenko A.P., Rybakov M.O., Sokolov A.M., Somov A.A., Subbotin S.N., Tapygin M. Yu., Firsov Yu.L., Khleborodov A.S., Chikilev V.G. 2019. Fisheries research in the Chukchi Sea at the RV «Professor Levanidov» in August 2019: some preliminary results // Trudy VNIRO. V. 178. P. 206–220. (In Russ.).
- Sadaeva O.S., Shevchenko G.V. 2001. On interconnection of seasonal variations of sea level and atmospheric pressure in the Kuril chain region // Dynamical processes on the shelf of Sakhalin and Kuril Islands. S-Sakhalinsk, Institute of marine geology and geophysics FEB RAS. P. 81–93. (In Russ.).
- Fadeev N.S. 1975. Distribution of walleye pollock in the northern Pacific ocean // Izvestiya TINRO. V. 96. P. 143–148. (In Russ.).
- Fadeev N.S. 1981. Timing of reproduction and spawning migrations of pollock // Ecology, stocks and fisheries of pollock. Vladivostok: TINRO. P. 3–18. (In Russ.).
- Fadeev N.S. 1987. Spawning grounds and timing of reproduction of pollock of the northern Okhotsk Sea // Population structure, abundance dynamics, and ecology of walleye pollock. Vladivostok: TINRO. P. 5–22. (In Russ.).
- Fadeev N.S. 2001. Strength of year-classes of north-okhotsk pollock // Problems of Fisheries. V. 2. No 6. P. 299–318. (In Russ.).
- Figurkin A.L. 2003. Oceanographic conditions of shelf and slope of the Sea of Okhotsk during cold season and their influence on pollock spawning. Synopsis of candidate of science (geography) dissertation. Vladivostok: TINRO-Tsentr. 24 p. (In Russ.).
- Figurkin A.L., Zhigalov I.A. 2010. Hydrometeorological conditions of the south Kuril region in February-March 2000–2009 // Issues of fisheries oceanography. V. 7. No 1. P. 34–51. (In Russ.).
- Khen G.V. 1997. Interannual dynamics of hydrological domains at the western Bering Sea shelf in relation to Kamchatka Current meandering // Izvestiya TINRO. V. 122. P. 480–492. (In Russ.).
- Khen G.V. 1999. Spatiotemporal characteristic of waters of Gulf of Anadyr and adjacent shelf domain during summer-autumn period // Izvestiya TINRO. V. 126. P. 587–602. (In Russ.).
- Khen G.V. 2010. Hydrometeorological characteristic of the western Bering Sea // Present state of the ecosystem of the western Bering Sea / Ed. P.R. Makarevich. Rostov-on-Don. P. 14–36. (In Russ.).

- Khen G.V., Basyuk E.O., Kivva K.K. 2018. Water masses and fish communities in north-western part of the Bering Sea and western part of the Chukchi Sea in 2003–2010 // *Trudy VNIRO*. V. 173. P. 137–156. (In Russ.).
- Khen G.V., Ustinova E.I., Sorokin Yu.D. 2022. Long-term changes in thermal conditions on the surface of the Far-Eastern seas and north-west Pacific and their relationship with large-scale climate processes // *Izvestiya TINRO*. V. 202(1). P. 187–207. (In Russ.).
- Chernyavsky V.I. 1981. Circulation systems of the Sea of Okhotsk // *Izvestiya TINRO*. V. 105. P. 13–19. (In Russ.).
- Shuntov V.P. 1985. Biological resources of the Sea of Okhotsk. Moscow: Agropromizdat. 224 p. (In Russ.).
- Shuntov V.P. 2001. Biology of the Far Eastern Seas of Russia. Vladivostok: TINRO-Tsentr. V. 1. 580 p. (In Russ.).
- Shuntov V.P., Volkov A.F., Temnykh O.S., Dulepova E.P. 1993. Walleye pollock in the ecosystems of the Far Eastern Seas. Vladivostok: TINRO Publish. 426 p. (In Russ.).
- Shuntov V.P., Volkov A.F., Dolganova N.T., Zavolokin A.V., Temnykh O.S., Naydenko S.V., Volvenko I.V. 2010. To substantiation of carrying capacity of the far-eastern seas and subarctic Pacific for Pacific salmon pasturing. Report 2. Composition, stock, and dynamics of zooplankton and small nekton as forage base of Pacific salmon // *Izvestiya TINRO*. V. 160. P. 185–208. (In Russ.).
- Brown Z.W., Arrigo K.R. 2012. Contrasting trends in sea ice and primary production in the Bering Sea and Arctic Ocean // *ICES J. Mar. Sci.* V. 69(7). P. 1180–1193.
- Coachman L.K., Aagaard K., Tripp R.B. 1975. Bering Strait: the regional physical oceanography. University of Washington Press, Seattle and London. 172 p.
- Danielson S.L., Ahkinga O., Ashjian C., Basyuk E., Cooper L.W., Eisner L., Farley E., Iken K.B., Grebmeier J.M., Juranek L., Khen G., Jayne S.R., Kikuchi T., Ladd C., Lu K., McCabe R.M., Moore G.W.K., Nishino S., Ozenna F., Pickart R.S., Polyakov I., Staben P.J., Thoman R., Williams W.J., Wood K., Weingartner T.J. 2020. Manifestation and consequences of warming and altered heat fluxes over the Bering and Chukchi Sea continental shelves // *Deep Sea Res. II*. Vol. 177.
- Favorite F., Dodiemead A.J., Nasu K. 1976. Oceanography of the Subarctic Pacific region, 1960–1971 // *International North Pacific Fisheries Commission. Bulletin number 33*. 187 pp.
- Fayman P.A., Prants S.V., Budyansky M.V., Uleysky M.Y. 2020. New circulation features in the Okhotsk Sea from a numerical model // *Izv. – Atmos. Ocean. Phys.* V. 56(6). P. 618–631.
- Frey K.E., Moore G.W.K., Cooper L.W., Grebmeier J.M. 2015. Divergent patterns of recent sea ice cover across the Bering, Chukchi, and Beaufort seas of the Pacific Arctic Region // *Progr. Oceanogr.* V. 136. P. 32–49.
- Fujiwara A., Hirawake T., Suzuki K., Eisner L., Imai I., Nishino S., Kikuchi T., Saitoh S.I. 2016. Influence of timing of sea ice retreat on phytoplankton size during marginal ice zone bloom period on the Chukchi and Bering shelves // *Biogeosciences*. V. 13(1). P. 115–131.
- Funamoto T. 2011. Causes of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) recruitment decline in the northern Sea of Japan: implications for stock management // *Fish. Oceanogr.* V. 20. № 2. P. 95–103.
- Hahn S.D. 1991. Estimation of mean volume transport for Tsushima Warm Current // *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*. № 45. P. 23–29.
- Kahru M., Brotas V., Manzano-Sarabia M., Mitchell B.G. 2011. Are phytoplankton blooms occurring earlier in the Arctic? // *Glob. Change Biol.* 17(4). P. 1733–1739.
- Kanamaru S., Kitano Y., Yoshida H. 1979. Distribution of Eggs and Larvae of Alaska Pollack in Waters around the Kamchatka Peninsula // *Bull. Of Hokk. Reg. Fish. Res. Lab.* V. 44. P. 1–23.
- Kang Y.S., Jung S., Zuenko Y., Choi I., Dolganova N. 2012. Regional differences in response of mesozooplankton to long-term oceanographic changes (regime shifts) in the northeastern Asian marginal seas // *Prog. Oceanogr.* V. 97–100. P. 120–134.
- Kawaguchi Y., Nishioka J., Nishino S., Fujio S., Lee K., Fujiwara A., Yanagimoto D., Mitsudera H., Yasuda I. 2020. Cold water upwelling near the Anadyr Strait: Observations and simulations // *J. Geophys. Res. Oceans*. V. 125(9). 2020JC016238.
- Khen G.V. 1989. Oceanographic conditions and Bering Sea biological productivity // *Proc. Int. Symp. Biol. Walley. Pollock*. Nov. 1989, Anchorage, Alaska. Fairbanks (Alaska). P. 79–89.
- Khen G.V., Basyuk E.O., Vanin N.S., Matveev V.I. 2013. Hydrography and biological resources in the western Bering Sea // *Deep-Sea Res. II*. V. 94. P. 106–120.
- Kinder T.H., Schumacher J.D. 1981. Hydrographic structure over the continental shelf // *The Eastern Bering Sea: oceanography and resources*. Seattle: Univ. of Wash. Press. P. 31–52.
- Klyashtorin L.B. 1998. Long-term climate change and main commercial fish production in the Atlantic and Pacific // *Fish. Res.* V. 37. P. 115–125.
- Minobe S., Nakamura M. 2004. Interannual to decadal variability in the southern Okhotsk Sea based on a new gridded upper water temperature data set // *J. Geophys. Res.* V. 109. C09S05, doi:10.1029/2003JC001916.
- Minobe S., Sako A., Nakamura M. 2004. Interannual to interdecadal variability in the Japan Sea based on a new gridded upper water temperature data set // *J. Phys. Oceanogr.* V. 34. P. 2382–2397.
- Ohshima K.I., Wakatsuchi M., Fukamachi Y., Mizuta G. 2002. Near-surface circulation and tidal currents of the Okhotsk Sea observed with satellite-tracked drifters. *J. Geophys. Res. Oceans*. V. 107(C11). P. 16.
- Ohtani K. 1973. Oceanographic structure in the Bering Sea // *Mem. Fac. Fish. Hok. Univ.* V. 2. N 1. P. 64–106.
- Pilcher D.J., Cross J.N., Hermann A.J., Kearney K.A., Cheng W., Mathis J.T. 2022. Dynamically downscaled projections of ocean acidification for the Bering Sea // *Deep-Sea Res. II*. V. 198.
- Pisareva M.N., Pickart R.S., Spall M.A., Nobre C., Torres D.J., Moore G.W.K., Whitledge T.E. 2015. Flow of Pacific water in the western Chukchi Sea: Results from the 2009 RUSALCA expedition // *Deep-Sea Res. I*. V. 105. P. 53–73.
- Serreze M.C., Crawford A.D., Stroeve J.C., Barrett A.P., Woodgate R.A. 2016. Variability, trends, and predictability

- of seasonal sea ice retreat and advance in the Chukchi Sea // *J. Geophys. Res. Oceans*. V. 121(10). P. 7308–7325.
- Springer A.M., McRoy C.P.* 1993. The paradox of pelagic food webs in the northern Bering Sea – III. Patterns of primary production // *Cont. Shelf Res.* V. 13. № 5. P. 575–599.
- Stabeno P.J., Danielson S.L., Kachel D.G., Kachel N.B., Mordy C.W.* 2016. Currents and transport on the Eastern Bering Sea shelf: An integration of over 20 years of data // *Deep-Sea Res. II*. V. 134. P. 13–39.
- Taegue W.J., Hwang P.A., Jacobs G.A., Book J.W., Perkins H.T.* 2005. Transport variability across the Korea/Tsushima Strait and the Tsushima Island wake // *Deep-Sea Res.* V. 52. P. 1784–1801.
- Takenouti A.Y., Ohtani K.* 1974. Currents and water masses in the Bering Sea: A review of Japanese works // *Oceanography of the Bering Sea: with emphasis on renewable resources*. Inst. of Marine Science Univ. of Alaska, Fairbanks. P. 39–57.
- Thompson D.W.J., Wallace J.M.* 1998. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields // *Geophys. Res. Lett.*, 25. P. 1297–1300.
- Weingartner T.J., Danielson S., Sasaki Y., Pavlov V., Kulakov M.* 1999. The Siberian Coastal Current: a wind and buoyancy-forced arctic coastal current // *J. Geophys. Res.* № 104. 29697–29713.
- Woodgate R.A.* 2018. Increases in the Pacific inflow to the Arctic from 1990 to 2015, and insights into seasonal trends and driving mechanisms from year-round Bering Strait mooring data // *Prog. Oceanogr.* V. 160. P. 124–154.

Поступила в редакцию 07.10.2022 г.
Принята после рецензии 20.10.2022 г.



Среда обитания водных биологических ресурсов

Основные элементы трофологии минтая и его кормовой базы

А. Ф. Волков

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), пер. Шевченко, 4, Владивосток, 690091
E-mail: volkov413@yandex.ru

Цель работы: исследование особенностей трофологии разноразмерного минтая, выделение доминирующих видов, по которым в планктоне следует рассматривать сезонную и межгодовую динамику и общую оценку его кормовой базы.

Используемые методы: для решения поставленной задачи использованы базы данных ТИНРО «Зоопланктон» и «Трофология», существующие в формате Excel; при сборе и обработке проб по питанию и планктону применялись методы, принятые в ТИНРО в качестве стандартных, полная обработка проведена в судовых лабораториях в свежем виде.

Новизна: элементами новизны являются выявленные и уточнённые особенности некоторых элементов трофологии минтая, современная оценка состояния его кормовой базы, данные, рассчитанные по её структуре с разделением на фракционный, групповой и видовой состав. Для навески в 1000 кг каждого размерного класса минтая составлены таблицы их суточных рационов в килограммах с разбивкой на виды для Охотского и Берингова морей и северо-западной части Тихого океана.

Практическая значимость: материалы по трофологии минтая позволяют оценить кормовую базу с учётом потребностей каждой из его размерных группировок, а по таблицам их суточных рационов для Охотского и Берингова морей и северо-западной части Тихого океана возможно быстро рассчитать общую потребность в пище, а при наличии оценочных данных по запасу фракций, групп и доминирующих видов — определить их выедание, пресс на планктонное сообщество, конкуренцию с другими видами.

Ключевые слова: минтай *Gadus chalcogrammus*, личинки, питание минтая, жирность печени, суточная ритмика, зоопланктон, кормовая база.

Basic trophological elements of walleye pollock and its food supply

Anatoly F. Volkov

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

Objectives: to study the features of the trophology of pollock of different sizes, to identify the dominant species, according to which the seasonal and interannual dynamics of its food supply should be considered in plankton.

Methods used: to solve the problem, TINRO databases «Zooplankton» and «Trophology» were used, which exist in the Excell format, when the methods accepted in TINRO were used as standard for collecting and processing fish feeding and plankton samples; complete processing was carried out fresh in the ship's laboratories.

Novelty: the elements of novelty are the identified and refined features of the trophology of the Sea of Okhotsk pollock, a modern assessment of the state of its food supply, calculated data on its structure divided into fractional group and species composition. For a sample of 1000 kg of each pollock size class, tables of their daily rations in kg were compiled, broken down into species for the Sea of Okhotsk and the Bering Sea and the northwestern part of the Pacific Ocean.

Practical significance: materials on the trophology of walleye pollock make it possible to evaluate the food base taking into account the needs of each of its size groups, and according to the tables of their daily rations for the Sea of Okhotsk and the Bering Sea and the northwestern part of the Pacific Ocean, it is possible to quickly calculate the total need for food, and, if data on the stock of fractions, groups and dominant species are available, determine their predation, pressure on the plankton community and competition with other species.

Keywords: walleye pollock *Gadus chalcogrammus*, walleye pollock feeding, liver fat content, diurnal rhythm, zooplankton, food supply.

ВВЕДЕНИЕ

Значение минтая (*Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814) в морях северной части Тихого океана исключительно велико не только как доминирующего в отечественном промысле, но и как вида, играющего огромную роль в его экосистеме. Существование вида с такой высокой численностью и биомассой предпо-

лагает наличие достаточного количества пищи, которая должна соответствовать его потребностям на каждой стадии онтогенеза, поэтому, помимо прессы со стороны хищников, интенсивного промысла и суровых климатических условий, именно состояние кормовой базы является тем фактором, который влияет на размножение, рост и развитие и, в конечном итоге, на

формирование урожайных поколений. Таким образом, представляется необходимым изучение и постоянный мониторинг питания минтая и состояния его кормовой базы, позволяющей ему поддерживать численность на высоком уровне в течение длительного периода.

Приступая к исследованию состояния кормовой базы какого-либо биологического объекта, необходимо прежде всего уяснить, какие виды составляют основу в его пище, учитывая при этом возрастную и региональную специфику, после чего, выделив из состава многочисленных потенциальных жертв наиболее значимые, приступать к следующему этапу определения обеспеченности пищей, наличия конкурентов и т. п. Поэтому в данной статье сначала речь идёт о трофологии минтая и только потом о его кормовой базе, т. е., говоря о кормовой базе минтая, следует иметь в виду не зоопланктон, нектон или бентос вообще, а только те виды, которые реально являются объектами его питания в данном районе, в данный сезон и применительно к соответствующей возрастной категории.

Питание минтая на всём протяжении его жизненного цикла начиная от личинок довольно хорошо изучено и результаты этих исследований изложены во многих научных публикациях. В частности, установлены групповой и видовой состав объектов питания и его изменение в зависимости от возраста минтая, его физиологического состояния, сезона, места обитания [Волков, 2000; 2015б; 2016; Микулич, 1949; Максименков, 1984, 2007; Качина, Савичева, 1987; Волков и др. 1990, 2003; Шунтов и др., 1993; Кузнецова, 2005; Чучукало, 2006 и мн. др.]. Что касается зоопланктона как основной составляющей кормовую базу минтая, то за последние 35 лет проведены регулярные исследования планктона эпипелагиали Охотского, Берингова и Чукотского морей и прилежащих вод Тихого океана, в результате получены различные качественные и количественные характеристики планктонных сообществ, исследованы их региональные особенности, сезонная и межгодовая динамика, прежде всего с точки зрения оценки состояния кормовой базы массовых и промысловых видов нектона, особенно минтая, сельди, тихоокеанских лососей и некоторых других. Результаты изложены в многочисленных публикациях (статьи в «Известиях ТИНРО», «Бюллетене изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке» и др. периодических изданиях), кандидатских и докторских диссертациях, монографиях и вряд ли они нуждаются в подробном перечислении в настоящей статье.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Данные по питанию минтая и состоянию его кормовой базы взяты из баз данных ТИНРО-Центра:

«Трофология» и «Зоопланктон» за 1984–2021 гг., сформированных в формате Excel по результатам научно-исследовательских экспедиций, пробы зоопланктона и пробы по питанию минтая собраны и обработаны преимущественно сотрудниками лаборатории Планктона (теперь Мониторинга кормовой базы и питания рыб) в соответствии с методиками, принятыми в ТИНРО-Центре в качестве стандартных [Волков, 2008] и кратко изложенными ниже. Количество проб по питанию и планктонных станций приведено ниже в отдельных графах некоторых таблиц, а также в специальной статье о работе с упомянутыми выше базами данных [Волков, 2019].

Пробы по питанию. При обработке проб по питанию применялся так называемый «групповой» метод, когда от каждого размерного класса исследуемого вида отбираются 10–25 желудков (в случае с лососями количество желудков может исчисляться и единицами), визуально определяется их наполнение по 5-балльной системе (0 – пустой, 4 – туго «набитый», остальные – промежуточные), пересчитывается процентный состав желудков по наполнению, а пищевые комки раскладываются в кювету. Эти данные могут быть полезными при установлении суточной ритмики питания. Затем все желудки объединяются и обрабатываются как одна проба. Крупных животных (рыбы, ракообразные, кальмары, медузы, гребневики и т. п.) следует отделить от остальной массы, состоящей из зоопланктона и мелкого ихтиопланктона. В «нектонной» фракции определяются видовой состав, длина животных, степень переваренности и масса или доля в процентах, после чего вся фракция взвешивается. В планктонной части определяются доля групп (эвфаузииды, гиперииды, копеподы, крылоногие и т. п.) и степень их переваренности, после чего эта фракция также взвешивается. Проба обрабатывается без фиксации формалином непосредственно после её получения. Общий индекс наполнения желудка (ИНЖ) рассчитывается в промилле (‰) как отношение веса пищи к весу рыбы, умноженное на 10000. Вес пищи, длина и вес рыбы рассчитываются как среднеарифметические для пробы. Всего в Базе «Трофология» насчитывается более 13100 проб по питанию минтая (более 220000 желудков).

Пробы планктона. Во всех экспедициях ТИНРО-Центра планктон облавливался сетями БСД (площадь устья 0,1 м², капроновое сито № 49, размер ячеек 0,15 мм) в слое 0–200 м или 0–«дно», если глубина была менее 200 м. Скорость подъёма сетей составляла 0,7–1,0 м/сек. При обработке пробы зоопланктона механически разделялись на три размерные фракции посредством процеживания через набор из двух сит:

№ 7 (ячей 1,2 мм) и № 14 (ячей 0,5 мм), в итоге получают 3 фракции: мелкая – МФ (длина животных от 0,6 до 1,2 мм), средняя – СФ (1,2–3,2 мм) и крупная – КФ (> 3,2–3,5 мм). Эти сокращения используются ниже в таблицах и тексте. Поскольку все орудия лова планктона фильтрующего типа дают заниженные результаты, в полученные результаты вводились поправки на недолов, которые были предложены частично на основании имеющихся публикаций, а частично по экспертным оценкам [Шунтов В.П. и др., 1988]: для мелкой фракции – 1,5; для средней фракции – 2,0; для планктона крупной фракции применяются дифференцированные поправки: для эвфаузиид, мизид и щетинкочелюстных длиной до 10 мм – 2, 10–20 мм – 5, более 20 мм – 10; для гипериид длиной до 5 мм – 1,5, 5–10 мм – 3, более 10 мм – 5; для копепоид длиной до 5 мм – 2, более 5 мм – 3; для полихет, птеропод и других малоподвижных животных – 1,0.

При расчётах биомассы и запасов массовых групп и видов КФ, таких как эвфаузииды, гиперииды, и копепоиды р. *Metridia* данные приводятся к ночному времени по коэффициентам, получаемым как отношение средних ночных биомасс к дневным, для всех остальных видов этого не требовалось. Эти коэффициенты

в зависимости от региона обычно более или менее постоянны: взрослые эвфаузииды и мизиды – 4,5–5,0, гиперииды – 2,0–3,0, *Metridia pacifica* – 4,0–5,0, *M. okhotensis* – 3,0.

Средние значения биомасс и запасы рассчитаны для биостатистических районов [Волков, 2019], которые объединены в макрорайоны (рис. 1), в масштабе которых их можно считать средневзвешенными.

В исследованиях ТИНРО принята условная продолжительность сезонов: зима – декабрь–март, весна – апрель – 15 июня, лето – 16 июня – 15 сентября, осень – 16 сентября–ноябрь. При построении карт горизонтального распределения по 1-градусным трапециям значения координат после запятой следует изменить (но не округлять!) на 50, тогда все данные, попавшие в такие координаты, оказываются автоматически осредненными (практически средневзвешенными) и представленными центральными точками, что устраняет неравномерность в распределении станций.

В тексте, рисунках и таблицах используются сокращения: **МФ** (small sized fraction), **СФ** (medium), **КФ** (large), **МСФ**, **МСКФ** (**М** – мелкая, **С** – средняя, **К** – крупная, **Ф** – фракция); **З**, **В**, **Л**, **О** – зима, весна, лето, осень. **СПР** – суточный пищевой рацион (в относи-

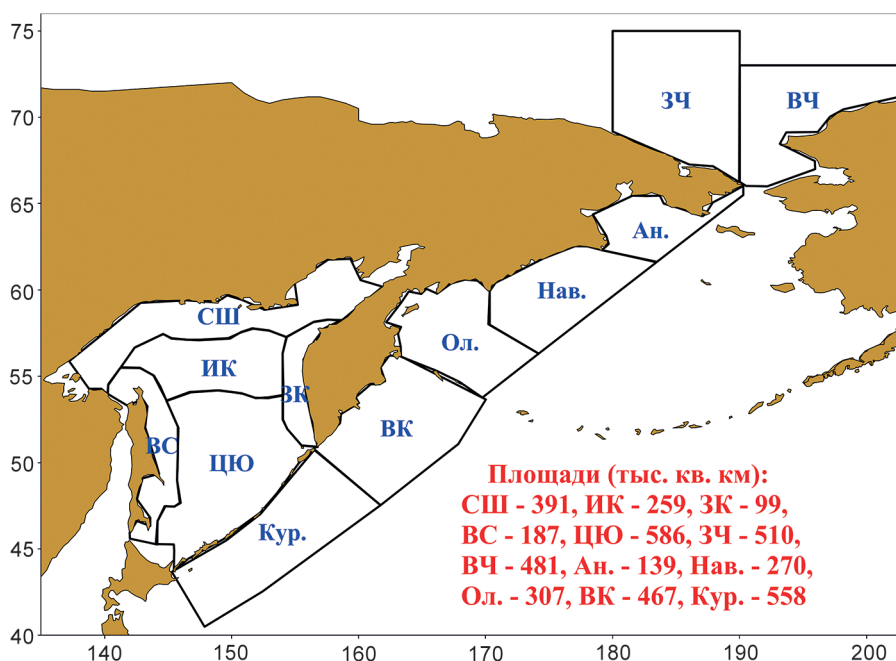


Рис. 1. Макрорайоны осреднения информации

Обозначения. Названия макрорайонов: СШ – северная часть, ИК – Ионо-Кашеваровский, ЗК – Западная Камчатка, ВС – Восточный Сахалин, ЦЮ – Центральная и Южная котловины, ЗЧ и ВЧ – Западная и Восточная Чукотка, Ан. – Анадырский, Нав. – Наваринский, Ол. – Олюторский, ВК – Восточная Камчатка, Кур. – Курильский (ЮКР)

Fig. 1. Macroregions of information averaging

Notation: names of macrodistricts: СШ – northern part, ИК – Iono-Kashevarovskiy, ЗК – western Kamchatka, ВС – eastern Sakhalin, ЦЮ – Central and Southern basins, ЗЧ and ВЧ – western and eastern Chukotka, Ан. – Anadyrskiy, Нав. – Navarinский, Ол. – Olyutorskiy, ВК – eastern Kamchatka, Кур. – Kuril (ЮКР)

тельных или абсолютных единицах). Индекс наполнения желудка – **ИНЖ** (stomach filling index – **SFI**) – (‰ – продецимилле) = вес пищи / вес рыбы $\times 10000$.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ И ВОЗРАСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПИТАНИЯ МИНТАЯ

Пелагические промысловые тралы, которые используются в учётных съёмках на НИСах, не предназначены для облова сеголеток минтая, тем более мальков. Чтобы как-то компенсировать этот недостаток, в кутовую часть вставляют мелкоячеистый конус с ячейей 1 см, длиной 12 м и диаметром 1 м. Какая-то часть мелкого минтая облавливается, но за все годы сбора материалов по питанию их накопилось сравнительно немного и вряд ли эти уловы можно считать количественными, однако и по таким сравнительно немногочисленным пробам можно получить достаточно репрезентативные пробы по составу пищи и доле доминирующих ингредиентов.

Нерест минтая растянут во времени, поэтому разновозрастные личинки встречаются одновременно (рис. 2), их размеры быстро увеличиваются, соответственно изменяется состав и возрастают размеры пищи (рис. 4–6).

В первые дни после перехода личинок минтая на экзогенное питание основу их пищи составляет нано- и микропланктон, а затем по мере роста их сменяет зоопланктон мелкой фракции (рис. 3). Наибольшее значение в питании личинок имеют копеподы р. *Pseudocalanus*, являющиеся одними из самых массовых не только в Охотском, но также в Беринговом и Японском морях [Шунтов и др. 1993; Kamba, 1977; Nishiyama, Hirano, 1985 и др.], с самого начала пищевой личинок служат яйца и науплии этих копепоид. Нерест

и появление яиц, науплиев и ранних копепоидов у р. *Pseudocalanus* совпадают с появлением личинок минтая и представляют собой удобный пищевой объект, поскольку с самых ранних стадий их тела содержат оранжевую каплю жира, т. е. они питательны и хорошо заметны. По-видимому, в формировании урожайных поколений минтая именно эти копепоиды имеют наибольшее значение. Другой массовый вид копепоид *Oithona similis* также занимает существенную долю в пище личинок, но она гораздо меньше, чем у видов р. *Pseudocalanus*. В отдельных случаях, как это имело место в восточной части Охотского моря, на самых ранних стадиях в пище личинок могут доминировать велигеры двустворчатых моллюсков. По мере роста и перехода в разряд сеголеток доля мелких копепоидов снижается, их место занимают взрослые особи копепоид мелкой фракции и копепоиды более крупных копепоид, в пище появляются крупные яйца и науплии эвфаузиевых, а затем и калиптописы [Волков, 2015б; Максименков, 2007].

Помимо набора организмов, обычно указываемых в списке пищевых объектов личинок минтая, весьма вероятно, что определённую часть пищи особенно у самых ранних личинок могут иметь голые жгутиковые, бактерии, зоофлагеллаты и беспанцирные инфузории. Перечисленные группы микроскопических организмов в своём большинстве являются первичными деструкторами и одновременно служат пищей для ранних стадий нектона и зоопланктона. Их роль в экосистеме чрезвычайно велика, численность резко возрастает в заключительной фазе цветения фитопланктона, т. е. в весенний период. В это время их биомасса достигает уровня биомассы мезопланктона – до $100\text{--}1000\text{ мг/м}^3$, а если учесть скорость раз-

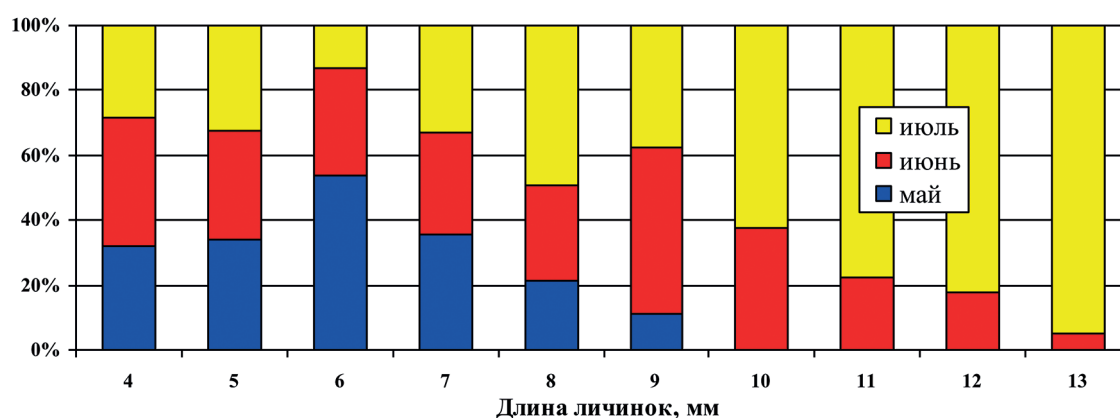


Рис. 2. Размерный состав (%) личинок минтая в восточной части Охотского моря в разные месяцы по многолетним данным [по: Максименков, 2007]

Fig. 2. Size composition (%) of walleye pollock larvae in the eastern part of the Sea of Okhotsk in different months according to long-term data [according to: Maksimenkov, 2007]

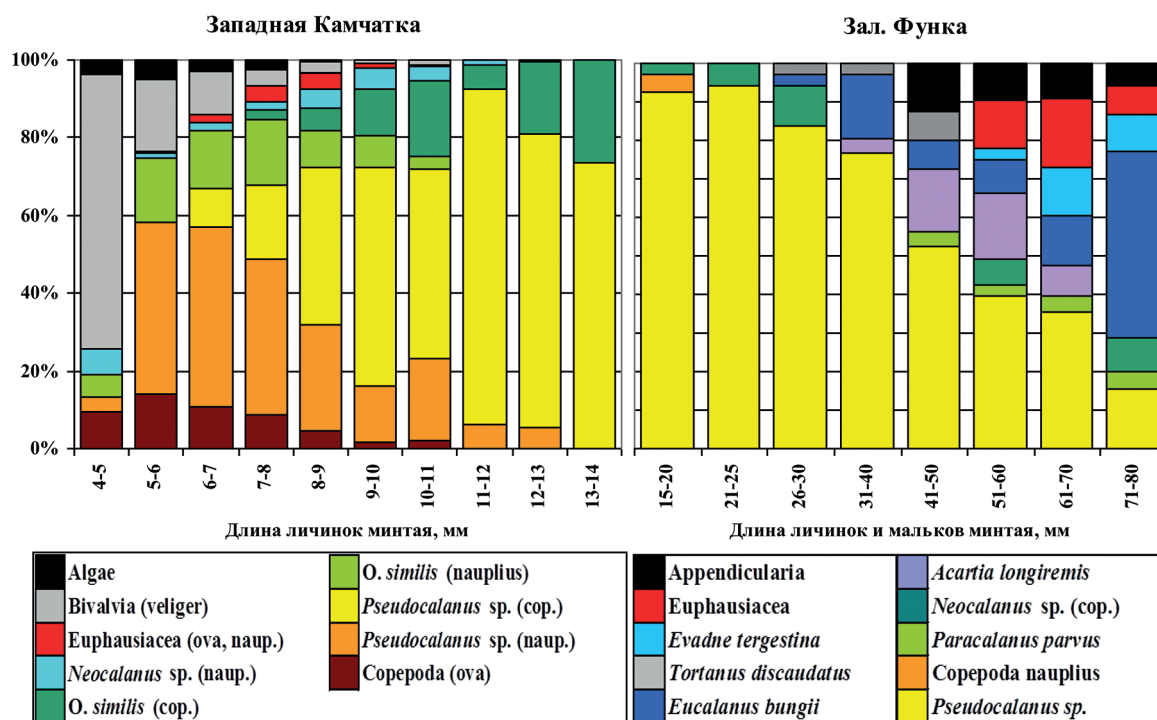


Рис. 3. Состав пищи (% от массы) личинок минтая из восточной части Охотского моря (левый рис. по: Максименков, 2007, с изменениями); личинок и сеголеток минтая из зал. Функа, Хоккайдо [Kamba, 1977, с изменениями]

Fig. 3. Food composition (% by weight) of pollack larvae of the eastern part of the Sea of Okhotsk (left fig. by: Maksimenkov, 2007, as amended); larvae and fingerlings of pollock Funka Bay, Hokkaido [right fig. by Kamba, 1977, as amended]

множения и смены поколений, что происходит неоднократно в течение суток, то становится понятным, что их суточная продукция намного превосходит биомассу [Туманцева, 1982; Туманцева, Копылов, 1985]. Планктонными сетями этот микро- и наннопланктон не улавливается, а в желудках рыб они мгновенно деформируются и распадаются, поэтому приходится констатировать, что в практике ТИНРО-Центра и других прикладных организаций эти звенья пищевой цепи оказываются «за бортом» исследований. Пространственно-временные аспекты экологии эвфаузиид Охотского моря (включая ранние стадии развития) подробно разобраны в специальной статье [Волков, 2015a].

Понятно, что каждая стадия развития животных требует для себя определённого набора пищевых объектов. Поэтому для успешного выживания нарождающегося поколения, при прочих благоприятных условиях, определяющим фактором является своевременное появление этого набора в составе планктона в достаточном количестве. Просматриваются такие основные ситуации: 1 — при запаздывании или наоборот, при слишком раннем развитии кормовой базы, даже при хорошем нересте поколение может оказаться неурожайным; 2 — своевременное же развитие кормовой базы даже при не самом обильном нересте

может обеспечить появление достаточно урожайного поколения.

Состав пищи минтая и размеры пищевых объектов тесно связаны с его собственными размерами и состоянием его реальной и потенциальной кормовой базы, её региональными особенностями, что видно при сравнении Охотского и Берингова морей и северо-западной части Тихого океана, которые в зависимости от преобладания групп КФ были названы соответственно «эвфаузиидно-копеподно-сагиттовым» и «сагиттово-копеподным» [Волков, 1996].

Хотя по видовому составу пищевые спектры минтая весьма разнообразны и достаточно специфичны на региональном уровне, но, как наглядно показывают графики на рис. 4, в плане крупных таксонов они во всех морях состоят из нескольких компонентов: планктона КФ (копепод, эвфаузиид и гипериид), нектона (рыбы и кальмары) и нектобентоса (декаподы, преимущественно северная и углохвостая креветки), и с 1970–1980-х гг. [Качина, Савичева, 1987] заметных изменений в общей картине не произошло.

В табл. 2–4 приведён состав доминирующих в пище минтая разноразмерных видов зоопланктона и нектона. Естественно, что видовой состав эвфаузиид и копепод в пище минтая будет отличаться

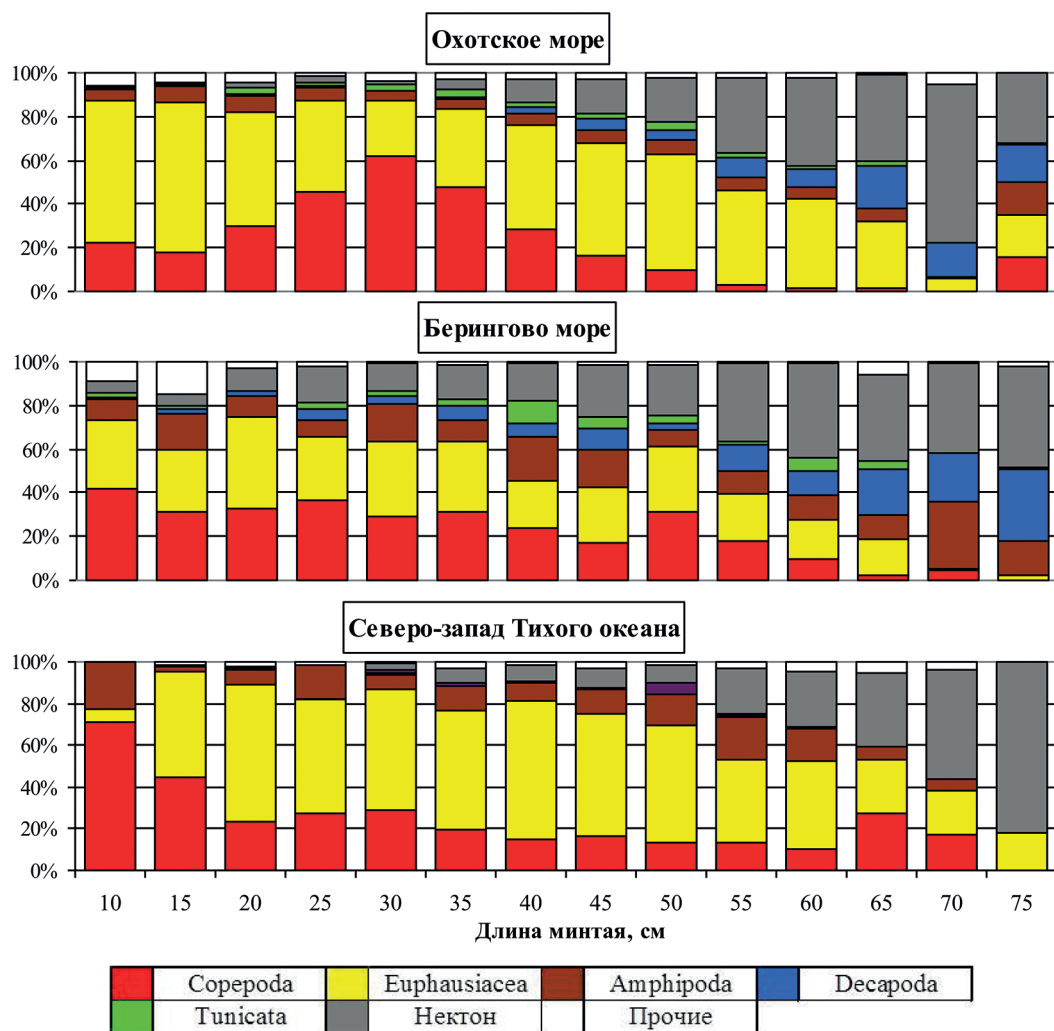


Рис. 4. Изменение состава пищи минтая в зависимости от его размеров

Fig. 4. Changes in the composition of pollock food depending on its size

Таблица 1. Видовой состав пищи разноразмерного минтая в северной части Охотского моря (ИНЖ, ‰)

Table 1. Species composition of food of pollock of different sizes in the northern part of the Sea of Okhotsk (SFI, ‰)

Длина минтая, см	ИНЖ	Нектон	Планктон	<i>Calanus glacialis</i>	<i>N. plumchrus</i>	<i>M. okhotensis</i>	<i>Th. longipes</i>	<i>Th. raschii</i>	<i>Themisto pacifica</i>	<i>T. libellula</i>	<i>Cl. pallasi</i>	<i>Leuroglossus schmidtii</i>	<i>Gadus chalcogrammus</i>	Прочие
5-10	181	0	181	8	11	23	6	75	19	5	0	0	0	34
10-20	154	5	148	2	7	24	7	82	4	6	0	0	0	22
20-30	187	1	186	1	26	19	99	27	3	1	0	0	0	11
30-40	89	13	76	1	7	8	22	18	2	1	0	9	0	19
40-50	80	14	66	0	4	2	24	18	3	1	1	5	1	20
50-60	78	27	52	0	1	0	20	13	3	1	6	5	3	26
60-80	118	70	48	0	0	0	17	3	4	1	28	2	14	49

Таблица 2. Видовой состав пищи разноразмерного минтая в западной части Берингова моря (ИНЖ, ‰)
Table 2. Species composition of food of different-sized walleye pollock in the western part of the Bering Sea (SFI, ‰)

Длина минтая, см	ИНЖ	Нектон	Планктон	<i>C. glacialis</i>	<i>N. plumchrus</i>	<i>N. cristatus</i>	<i>Pseudocalanus</i> sp.	<i>Euphausiacea</i> yuv.	<i>Th. longipes</i>	<i>Th. raschii</i>	<i>Th. inermis</i>	<i>T. pacifica</i>	<i>T. libellula</i>	<i>Oikopleura vanhoeffeni</i> ¹	<i>Pandalus</i> sp.	<i>Mallotus villosus</i>	<i>G. chalcogramma</i>	Прочие
2–5	234	0	234	51	28	30	70	20	0	14	0	6	0	2	0	0	0	13
5–10	204	2	202	42	24	7	5	11	2	22	23	4	2	2	0	2	0	58
10–20	183	10	172	19	18	10	0	4	0	46	35	2	6	1	1	1	7	32
20–30	170	30	140	24	21	18	0	1	0	33	11	4	8	3	3	20	4	19
30–40	228	33	195	6	5	9	0	0	1	42	8	2	52	29	3	28	3	42
40–50	94	17	77	2	1	12	0	0	3	13	5	2	16	11	2	4	7	15
50–60	82	25	57	0	0	19	0	0	9	5	5	2	3	3	5	6	7	17
60–80	183	109	73	0	0	5	0	0	5	9	4	1	11	6	18	20	61	43

Таблица 3. Видовой состав пищи разноразмерного минтая в северной части Тихого океана (ИНЖ, ‰)
Table 3. Species composition of food of different-sized walleye pollock in the North Pacific Ocean (SFI, ‰)

Длина минтая, см	ИНЖ	Нектон	Планктон	<i>N. plumchrus</i>	<i>N. cristatus</i>	<i>Th. longipes</i>	<i>Th. inermis</i>	<i>E. pacifica</i>	<i>T. pacifica</i>	Прочие
5–10	82	0	82	46	0	0	0	12	24	0
10–20	145	1	144	35	17	24	12	17	3	36
20–30	73	1	72	2	7	3	10	18	6	27
30–40	65	4	62	1	4	10	12	12	5	22
40–50	84	6	77	0	21	11	12	7	7	25
50–60	70	14	57	1	9	10	12	4	13	23
60–80	53	28	25	0	7	8	0	2	2	34

в зависимости от моря и тех районов, где были взяты пробы: в северной части Охотского моря это *Thysanoessa raschii* и *Th. longipes*, в Центральной котловине – *Th. longipes*, в Южной – *Th. longipes* и *Euphausia pacifica*, а из копепод КФ это, прежде всего, *Calanus glacialis* (Западная Камчатка и Восточный Сахалин), эндемик моря *M. okhotsensis* и *N. plumchrus*. В Беринговом море и северо-западной части Тихого океана набор массовых видов кормовой базы иной, но укладывается в те же таксоны.

Уменьшение ИНЖ минтая с увеличением его размеров вполне закономерно и связано со снижением темпов прироста. Что касается нектонной части пищи, то она появляется уже у особей длиной от 20–30 см и постепенно возрастает, составляя у самых крупных рыб более 50% рациона (см. рис. 4, табл. 2–4). Очевидно, что при этом возрастает срок переваривания

пищи: чем она крупнее, тем больше времени нужно для её полного переваривания. Этот факт необходимо учитывать при расчётах суточных пищевых рационов (СПР), как это было сделано для лососей [Волков, 2016б], и вводить понижающие коэффициенты хотя бы экспертно (в 2–3 раза).

Установленная у тихоокеанских лососей общая суточная ритмика питания показывает, что в течение суток зоопланктон в их желудках переваривается почти полностью. У минтая установить ритмику более сложно (Волков, 2015б), хотя в Охотском и Беринговом морях в зимне-весенний период в открытой части ритмику удалось проследить по доле свежей пищи (рис. 5), причём, в Охотском море, где в пище преобладали эвфаузииды, питание было преимущественно ночное, а в Беринговом, где преобладал *Neocalanus cristatus*, – дневное [Волков, 1996]. Но суточная рит-

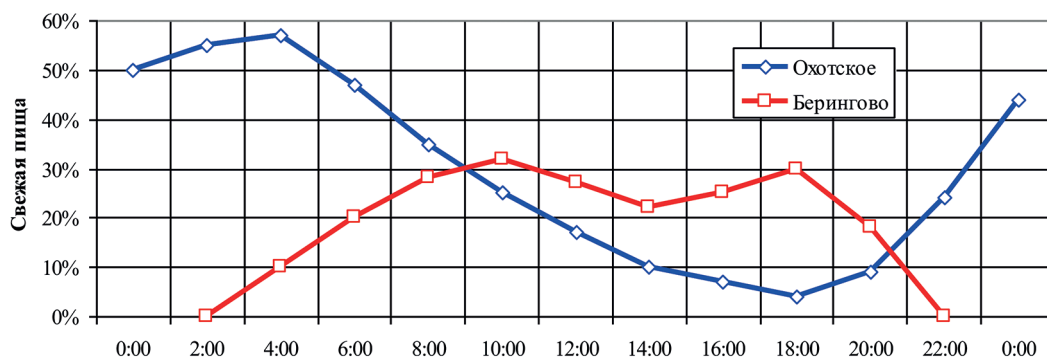


Рис. 5. Доля свежей пищи в желудках минтая в зимне-весенний период в глубоководной зоне Охотского и Берингова морей, по данным суточных станций

Fig. 5. The share of fresh food in the stomachs of pollock in the winter-spring period in the deep-water zone of the Sea of Okhotsk and the Bering Sea, according to data from daily stations

мика в Охотском море также отчётливо проявляется и по наполнению желудков: из рис. 6 явствует, что в течение суток эвфаузииды перевариваются почти полностью и что в дневное время большая часть минтая не опускается вслед за эвфаузидами глубже эпи-пелагиали, т. е. 200 м.

Обращает на себя внимание то, что в пище самого крупного минтая Охотского и Берингова морей присутствуют сеголетки и молодь самого минтая длиной до 10–15 см, что формально можно расценить как явление каннибализма. На самом деле это не совсем правильно. Так называемый «каннибализм» у минтая – важная приспособительная черта, которая расширяет спектр кормовой базы за счёт мелкого и среднего планктона, недостижимого для прямого потребления взрослыми особями. Как и подавляющее большинство тресковых, минтай обладает исключительно высокой плодовитостью, которая составляет от сотен тысяч до миллионов икринок, так что появление

многочисленного потомства в виде личинок, мальков и сеголеток обеспечивает не только поддержание общей численности минтая на высоком уровне, но также обеспечивает пищей многих других обитателей нектонного сообщества, включая и самого минтая. В локальных районах шельфовой зоны минтай может появляться в таком количестве, что обычно доминирующих в его пище эвфаузиид, крупных копепоид, гиперид и др. оказывается недостаточно. В то же время там могут находиться скопления личинок, мальков и сеголеток, основу пищи которых составляет зоопланктон мелкой и средней фракций, а также часть крупной фракции размером до 3–4 мм. Таким образом, этот зоопланктон, который как корм недоступен для взрослого минтая напрямую, утилизируется им через собственные ранние стадии.

В Охотском море, в котором эвфаузиид намного больше, чем в Беринговом, степень каннибализма обычно менее выражена, тем не менее, в шельфо-



Рис. 6. Суточная ритмика в питании минтая эвфаузиидой *Th. raschii* (‰), северная часть Охотского моря, весна

Fig. 6. Daily rhythm in pollock feeding on euphausiids *Th. raschii* (‰), northern Sea of Okhotsk, spring

вой зоне Западной Камчатки в пище крупного минтая длиной 40–60 см доля собственных сеголеток порой может составлять более 80%, а у сверхкрупного длиной 60–90 см достигать 65% [Волков и др., 2003]. В восточной части Берингова моря в 1981–1987 гг. доля сеголеток в пище минтая также была очень высока и составляла от 5 до 81% или от 256,5 до 2163,1 тыс. т [Шунтов и др., 1993]. Правда, не факт, что и в другие годы она была столь же высокой: эти годы характеризовались как тёплые с температурной аномалией от +0,6 до +1,45 градусов, а, как известно, в такие периоды там из планктонного сообщества исчезает крупный планктон и основу питания нектона, в том числе минтая, лососей и сельди, составляют ранние стадии минтая, сельди, мойвы, мелкие креветки, личинки крабов. В холодные годы планктонное сообщество приобретает характерные для этого периода черты с преобладанием групп и видов крупной фракции, которая и составляет основу в питании нектона [Волков, 2012 а, б; 2013; 2016 б].

График на рис. 7 наглядно показывает суточную ритмику питания в Охотском море взрослого минтая собственными сеголетками и молодь длиной до 20 см преимущественно в тёмное время суток, что, вероятно, связано с миграцией мелкоразмерных особей в верхние слои эпипелагиали для питания поднявшимся туда зоопланктоном.

В заключение обсуждения особенностей трофологии минтая следует отметить ещё одну, суть которой состоит в том, что в период нереста интенсивность питания минтая снижается до минимальной, соответственно, печень лишается запасов депонированного жира, что показывает гепатосоматический индекс. Затем наступает посленерестовый нагул, который характеризуется максимальной интенсивностью питания и тогда ИНЖ достигает 500–1000‰. По мере накопления жира, который у минтая депонируется исклю-

чительно в печени, интенсивность питания снижается, так что некоторое время питание проходит в поддерживающем режиме. Летом 1988 г. сотрудники ТИНРО [Швыдкий, Вдовин, 1991; Швыдкий, Вдовин, Горбатенко, 1994] выполнили серию чрезвычайно полезных биохимических анализов по содержанию жира в печени минтая, полученные результаты были рассортированы по статистическим районам. В итоге, связь жирности и интенсивности питания половозрелого минтая наглядно проявилась на двух графиках (рис. 8): левый график – районы северной шельфовой части вместе с Ионо-Кашеваровским, правый – все остальные, кроме самой южной части моря. В более холодных северных районах интенсивность питания минтая оказалась ниже, чем в более тёплых и глубоководных при одинаковом запасе жира, что соответствует представлениям о зависимости скорости прохождения биохимических процессов от температуры окружающей среды.

Таким образом, полученные данные показывают наличие обратной зависимости между интенсивностью питания половозрелого минтая и уровнем содержания жирности в его печени, из чего следует, что по мере накопления жира в посленерестовый период его потребность в пище снижается в разы. Соответственно, уменьшается суточный рацион, а следовательно, снижается и общий пресс на кормовую базу, поэтому при расчётах его обеспеченности пищей необходимо учитывать физиологическое состояние минтая. Определение жирности несложно выполнять в экспедиционных условиях при наличии специальной аппаратуры, а при её отсутствии – прямым взвешиванием печени и последующим расчётом гепатосоматического индекса, как это было сделано в 2002 г. в рейсе на НИС «ТИНРО» К.М. Горбатенко и А.Ю. Мерзляковым [Волков и др., 2003].

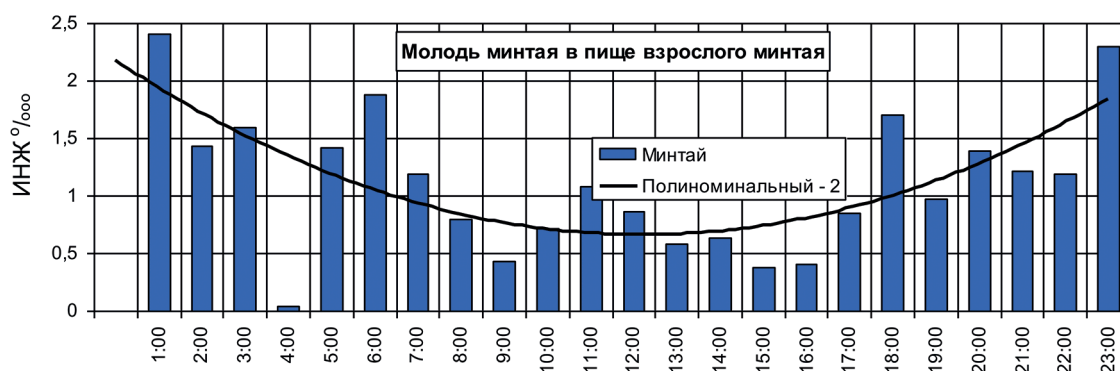


Рис. 7. Суточная ритмика потребления минтаем своих сеголеток и молоди в эпипелагиали Охотского моря

Fig. 7. Daily rhythm of pollock consumption of their fingerlings and juveniles in the epipelagic zone of the Sea of Okhotsk

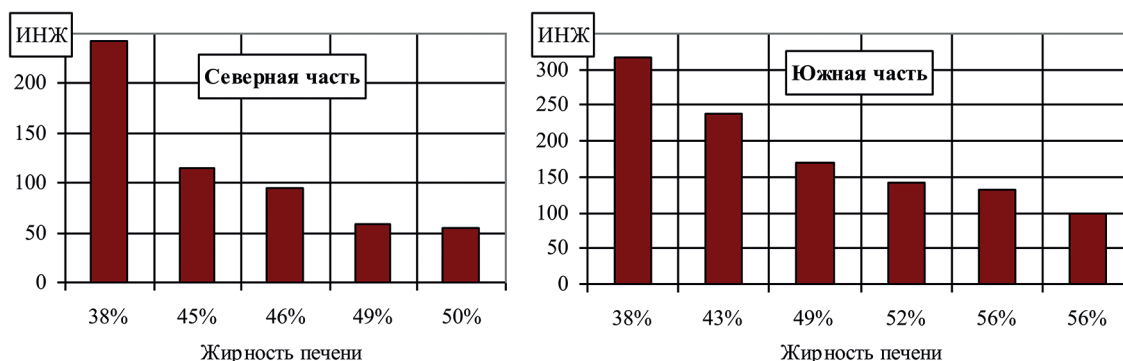


Рис. 8. Жирность печени и интенсивность питания половозрелого минтая, Охотское море, июнь-июль 1988 г. [Волков и др., 1990], районы «Основные» на рис. 1

Fig. 8. Liver fat content and nutrition intensity of sexually mature walleye pollock, Sea of Okhotsk, June-July 1988 [Volkov et al., 1990], «Basic» areas in fig. 1

Из этого следует, что прежде, чем делать выводы о том, что причиной ранней обратной миграции минтая из западной части Берингова моря является дефицит пищи [Степаненко, Грицай, 2016], сперва нужно оценить его физиологическое состояние: достаточное количество жира в печени как раз и может послужить сигналом для начала такой миграции. Следовательно, пора, наконец, включать экспресс-методы по определению жирности минтая непосредственно в учётных съёмках, тогда и выводы окажутся более взвешенными. Сам же объект исследования по части избирательности в пище в принципе является универсальным, который способен при необходимости расширять спектр пищи за счёт очень многих видов, поэтому это не та нежная рыба, которая начнёт умирать от голода при малейшем дефиците пищи.

Зоопланктон как кормовая база минтая

Охотское море. Качественные и количественные данные по биомассе и запасу зоопланктона рассматриваются, прежде всего, с точки зрения их оценки как кормовой базы минтая, поэтому основной упор сделан на виды, доминирующие в пище разноразмерного минтая. Для личинок, мальков и сеголеток длиной от 5 до 10 см это зоопланктон мелкой и средней фракций, для молодых особей от 10 до 20 см — зоопланктон средней и частично крупной фракций, для всех прочих размерных классов — группы и виды крупной фракции.

Среднемноголетний запас фракций и групп крупной фракции рассчитан для биостатистических районов (см. рис. 1) и приведён в табл. 4. В группу «Прочие» вошли Decapoda, Cumacea, Polychaeta, Coelenterata и Tunicata, которые в пище охотоморского минтая составили незначительную долю. Как показывает количество станций по сезонам (табл. 5) «Се-

верная часть» отражает преимущественно весеннее состояние сообщества, а «Южная» — летне-осеннее. Эти данные являются в определённой степени вероятностными, в конкретные годы, периоды лет или сезоны они будут другими и отличаться в большую или меньшую сторону, но для того и существуют в практике прикладных исследований средние показатели, по которым делается вывод о тенденции в развитии сообщества в целом и его отдельных составляющих. Для корректного сравнения обеих акваторий запас рассчитан на площадь в 1 тыс. км², полученные результаты показывают близкие результаты, за исключением фитопланктона, цветение которого в Южной части протекает раньше, чем в Северной и обычно менее интенсивно, и гипериид, общий запас которых в южной части оказался намного большим, чем в северной (3291 и 2508 тыс. т), даже несмотря на меньшую площадь (586 и 937 тыс. км²).

При исследованиях планктонных сообществ с точки зрения оценки их как кормовой базы массовых промысловых объектов, особенно таких как минтай, особое внимание требуется уделить происходящим в них количественной и качественным сезонным изменениям. Прежде всего это относится к морям с резко выраженной сезонной динамикой факторов среды. Приведённые ниже однотипные таблицы (табл. 5–7) содержат сведения по суммарным сезонным запасам доминирующих групп. В этих таблицах данные представлены также отдельно для северной и южной частей моря. В северной части моря ежегодные весенние съёмки выполнены в период нереста минтая, поэтому на этот период приходится наибольшее количество станций. Предполагается, что вместе с данными по питанию минтая в конкретные годы эти таблицы помогут определить состояние кормовой базы минтая разных размерных классов.

Таблица 4. Среднегодолетний запас фракций и групп крупной фракции зоопланктона в биостатистических районах Охотского моря, тыс. т

Table 4. Average long-term stock of fractions and groups of the large fraction of zooplankton in biostatistical areas of the Sea of Okhotsk, thousand tons

Район	Тыс. км ²	Фито	МФ	СФ	КФ	Copepoda	Euphausiacea	Mysidacea	Amphipoda	Pteropoda	Chaetognatha	Прочие	Количество станций
Северная часть (районы СШ, ИК, ВС, ЗК)													
1	83	885	1347	1158	10357	2018	3107	61	495	28	4602	44	477
2	40	523	445	300	5078	834	852	31	181	11	3134	36	684
3	29	364	200	313	2795	1387	797	10	52	8	532	9	493
4	36	834	309	326	2498	1032	1109	5	36	11	295	10	360
5	44	1364	365	388	3380	1071	1598	7	52	15	617	19	467
6	40	2367	403	409	3046	726	1775	4	46	14	471	9	295
7	48	4414	529	606	4592	1013	2563	17	98	16	866	20	398
8	72	15658	980	1319	5378	1802	1898	2	153	29	1478	17	169
9	40	3000	320	371	2516	1351	700	1	95	5	353	11	353
10	33	2100	224	294	2260	989	859	2	58	8	336	7	316
11	45	5170	384	369	3305	2252	375	12	116	3	535	11	256
12	43	4352	243	243	4399	3153	354	39	118	6	711	18	271
13	65	1874	367	862	6947	4833	874	34	151	10	1026	19	562
14	34	1538	180	240	3244	2210	389	13	70	4	547	12	501
15	32	679	414	320	4901	1023	1057	61	37	17	2626	80	668
16	22	647	207	156	3101	884	562	37	23	5	1267	323	569
17	21	671	202	152	2755	628	719	79	26	7	1135	161	637
18	24	482	262	292	4567	1207	911	54	52	4	1959	378	612
19	89	12043	1175	1014	8431	2577	2926	12	153	69	2666	28	622
20	42	813	478	578	5363	2136	1917	10	207	22	1055	15	372
27	56	275	994	800	3893	949	1706	5	287	46	891	11	141
Сум.	937	60055	10027	10506	92805	34074	27050	496	2508	337	27102	1238	9223
Южная часть (район ЦЮ)													
21	60	2105	662	364	6173	4053	547	17	184	6	1329	39	91
22	41	602	259	245	3951	2266	507	13	122	3	1023	16	208
23	77	1088	902	822	7208	3535	1429	26	441	23	1714	40	181
24	69	610	612	760	7387	3335	1330	19	303	13	2348	39	346
25	69	527	886	890	6394	2904	1382	39	429	68	1543	29	287
26	36	668	357	324	3371	1476	854	8	258	5	752	19	115
28	90	489	1465	1122	9755	2905	3804	63	705	118	2130	31	495
29	43	1031	432	372	4073	1851	855	38	255	43	1008	22	215
30	31	557	439	424	3533	1497	520	4	211	5	1280	16	123
31	16	763	200	197	1868	995	315	2	87	19	444	5	174
32	29	998	332	217	2362	1038	499	4	153	40	612	17	164
33	24	135	257	251	2206	875	733	7	144	39	398	9	312
Сум.	586	9574	6802	5988	58280	26731	12777	238	3291	383	14580	280	2711
Тыс. т / 1 тыс. км²													
Сев.	1	64,1	10,7	11,2	99,0	36,4	28,9	0,5	2,7	0,4	28,9	1,3	9,8
Юж.	1	16,3	11,6	10,2	99,5	45,6	21,8	0,4	5,6	0,7	24,9	0,5	4,6

Таблица 5. Среднемноголетний сезонный запас фракций и групп крупной фракции зоопланктона в биостатистических районах, суммированный для северной и южной частей Охотского моря (тыс. т) с пересчётом на 1 тыс. км²

Table 5. Average long-term seasonal stock of fractions and groups of the large fraction of zooplankton in biostatistical areas summarized for the northern and southern parts of the Sea of Okhotsk (thousand tons), recalculated per 1,000 km²

Сезон	Тыс. км²	Фито	МФ	СФ	КФ	Copepoda	Euphausiacea	Mysidacea	Amphipoda	Pteropoda	Chaetognatha	Прочие	Количество станций
Северная часть (районы СШ, ИК, ВС, ЗК)													
з	937	2249	20122	5013	87669	16259	29038	453	4073	485	37141	221	663
в		58571	3808	4391	93415	35856	28381	559	1090	155	26998	377	5373
л		92482	17714	18931	99260	44875	20295	491	3599	478	26032	3491	1791
о		4988	20484	24512	81257	21910	27648	194	5037	621	25591	255	1396
з	1	2,4	21,5	5,4	94	17,4	31,0	0,5	4,3	0,5	39,6	0	0,7
в		62,5	4,1	4,7	100	38,3	30,3	0,6	1,2	0,2	28,8	0	5,7
л		98,7	18,9	20,2	106	47,9	21,7	0,5	3,8	0,5	27,8	4	1,9
о		5,3	21,9	26,2	87	23,4	29,5	0,2	5,4	0,7	27,3	0	1,5
Южная часть (район ЦЮ)													
з	586	4499	2326	3541	51651	16803	14291	133	4009	2664	13573	177	400
в		22483	4527	3056	53410	25370	14685	215	966	89	11761	324	346
л		15911	9901	6821	103410	54485	20291	264	4000	245	23826	299	836
о		460	7811	7425	39419	13358	8303	196	3751	82	13417	312	1129
з	1	7,7	4,0	6,0	88	28,7	24,4	0,2	6,8	4,5	23,2	0	0,7
в		38,4	7,7	5,2	91	43,3	25,1	0,4	1,6	0,2	20,1	1	0,6
л		27,2	16,9	11,6	176	93,0	34,6	0,5	6,8	0,4	40,7	1	1,4
о		0,8	13,3	12,7	67	22,8	14,2	0,3	6,4	0,1	22,9	1	1,9

Таблица 6. Среднемноголетний сезонный запас массовых видов мелкой и средней фракций зоопланктона в биостатистических районах, суммированный для северной и южной частей Охотского моря (тыс. т) с пересчётом на 1 тыс. км²

Table 6. Average long-term seasonal stock of mass species of small and medium fractions of zooplankton in biostatistical areas, summarized for the northern and southern parts of the Sea of Okhotsk (thousand tons), recalculated per 1,000 km²

Сезон	Тыс. км ²	<i>Neocalanus</i> cop.	<i>P. minutus</i>	<i>M. okhotensis</i>	<i>M. pacifica</i>	<i>Metridia</i> cop.	<i>Acartia longiremis</i>	<i>O. similis</i>	<i>Copepoda</i> ova	<i>Copepoda</i> nauplius	<i>Euphausiacea</i> ova	<i>Euphausiacea</i> nauplius	<i>Euphausiacea</i> calyptopis	<i>Euphausiacea</i> furcilia	<i>Bivalvia</i> veliger
Северная часть (районы СШ, ИК, ВС, ЗК)															
з	937	293	10941	2543	1037	6023	169	4360	18	16	5	1	2	41	3
в		297	2514	1847	135	1094	30	1153	220	234	122	36	0	1	1
л		1045	11279	4979	582	6023	1436	5505	24	854	158	112	245	507	276
о		1808	14463	6791	2963	10142	770	4695	4	291	1	28	35	44	134
з	1	0,3	11,7	2,7	1,1	6,4	0,2	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
в		0,3	2,7	2,0	0,1	1,2	0,0	1,2	0,2	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
л		1,1	12,0	5,3	0,6	6,4	1,5	5,9	0,0	0,9	0,2	0,1	0,3	0,5	0,3
о		1,9	15,4	7,3	3,2	10,8	0,8	5,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1

Окончание табл. 6

Сезон	Тыс. км ²	<i>Neocalanus</i> cop.	<i>P. minutus</i>	<i>M. okhotsensis</i>	<i>M. pacifica</i>	<i>Metridia</i> cop.	<i>Acartia</i> <i>longiremis</i>	<i>O. similis</i>	<i>Copepoda</i> ova	<i>Copepoda</i> nauplius	<i>Euphausiacea</i> ova	<i>Euphausiacea</i> nauplius	<i>Euphausiacea</i> calyptopis	<i>Euphausiacea</i> furcilia	<i>Bivalvia</i> veliger
Южная часть (район ЦЮ)															
з	586	584	1489	635	1449	289	6	1218	2	77	0	0	0	0	0
в		268	2171	349	262	337	242	2906	72	403	29	5	28	0	10
л		1349	4278	1656	875	902	232	6432	7	455	10	11	56	172	7
о		986	4147	1669	1652	2039	209	3154	17	116	0	17	2	34	39
з	1	1,0	2,5	1,1	2,5	0,5	0,0	2,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
в		0,5	3,7	0,6	0,4	0,6	0,4	5,0	0,1	0,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
л		2,3	7,3	2,8	1,5	1,5	0,4	11,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,1	0,3	0,0
о		1,7	7,1	2,8	2,8	3,5	0,4	5,4	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1

Таблица 7. Среднемноголетний сезонный запас массовых видов крупной фракции зоопланктона в биостатистических районах, суммированный для северной и южной частей Охотского моря (тыс. т) с пересчётом на 1 тыс. км²

Table 7. Average long-term seasonal stock of mass species of the large fraction of zooplankton in biostatistical areas, summarized for the northern and southern parts of the Sea of Okhotsk (thousand tons), recalculated per 1,000 km²

Сезон	Тыс. км²	<i>C. glacialis</i>	<i>N. plumchrus</i>	<i>N. cristatus</i>	<i>Eucalanus bungii</i>	<i>M. okhotsensis</i>	<i>M. pacifica</i>	<i>Th. raschii</i>	<i>Th. inermis</i>	<i>Th. longipes</i>	<i>E. pacifica</i>	<i>T. pacifica</i>	<i>T. libellula</i>	<i>Sagitta elegans</i>
Северная часть (районы СШ, ИК, ВС, ЗК)														
з	937	4576	5633	310	270	4504	133	25629	218	2844	7	2408	1448	37141
в		2135	8194	1086	1748	22014	418	23884	207	4245	44	423	614	26979
л		9945	21516	2166	1588	8904	215	15072	286	4175	227	2257	1262	26022
о		7392	7866	688	593	4029	290	23543	242	2897	224	2675	2089	25183
з	1	4,9	6,0	0,3	0,3	4,8	0,1	27,4	0,2	3,0	0,0	2,6	1,5	39,7
в		2,3	8,7	1,2	1,9	23,5	0,4	25,5	0,2	4,5	0,0	0,5	0,7	28,8
л		10,6	23,0	2,3	1,7	9,5	0,2	16,1	0,3	4,5	0,2	2,4	1,3	27,8
о		7,9	8,4	0,7	0,6	4,3	0,3	25,1	0,3	3,1	0,2	2,9	2,2	26,9
Южная часть (район ЦЮ)														
з	586	97	2635	1249	121	10503	1301	1903	660	8237	3415	3665	19	13573
в		1376	4145	2757	2551	13784	467	9625	140	4410	510	845	83	11736
л		225	39179	7351	1925	3871	704	3265	405	12645	3172	3692	34	23766
о		323	6993	1327	618	2118	693	2114	639	4431	834	3109	5	12609
з	1	0,2	4,5	2,1	0,2	17,9	2,2	3,3	1,1	14,1	5,8	6,3	0,0	23,2
в		2,4	7,1	4,7	4,4	23,5	0,8	16,4	0,2	7,5	0,9	1,4	0,1	20,0
л		0,4	66,9	12,6	3,3	6,6	1,2	5,6	0,7	21,6	5,4	6,3	0,1	40,6
о		0,6	11,9	2,3	1,1	3,6	1,2	3,6	1,1	7,6	1,4	5,3	0,0	21,5

Как показано на рис. 9, уровень ледовитости Охотского моря от года к году изменяется в широком диапазоне — 41–96% и это не может не отразиться на количественных показателях таких короткоциклового животных, как планктон. По-видимому, результатом потепления в 1996–1997 гг. стало снижение биомассы

многих доминирующих видов до минимальных значений, проявившееся весной 1998 г., когда были начаты минтайные съёмки с выполнением полного комплекса исследований, включая планктонные и трофологические с обработкой материалов немедленно после их сбора. В 1996 и 1997 гг. ледовое покрытие было ми-



Рис. 9. Максимальная ледовитость Охотского моря к северу от 50° с. ш. (последняя декада февраля – первая декада марта), красная линия – тренд полиномиальный 4

Fig. 9. Maximum ice coverage of the Sea of Okhotsk north of 50° N (the last ten days of February-the first ten days of March), the red line is a polynomial trend 4

нимальным за все последующие годы, составляя 44 и 41%, зато в 1998–2000 гг. достигло максимальных величин – 77, 83, 96%. После 2008 г. также от года к году неоднократно происходили резкие изменения величины ледового покрытия моря (годы 2009, 2013, 2015, 2017–2017), но после резкого уменьшения площади льда следовало столь же резкое увеличение. Такие довольно частые колебания могут в определённой степени приводить к серьёзным флуктуациям условий обитания и кратковременному разбалансированию планктонных сообществ.

Динамика биомассы КФ и её основных групп в общих чертах совпадает с динамикой термических составляющих моря [Волков, 2018]. При этом «высокопродуктивный» период в планктоне выпал на серию холодных лет, а «среднепродуктивный» – нормальных и тёплых. В качестве объяснения такого рода флуктуаций можно предположить, что при потеплении самые ранние личиночные стадии планктонных животных появляются тогда, когда пики цветения фитопланктона и служащих им основной пищей и развивающихся на его базе гетеротрофов уже прошли. Такая разбалансировка во времени может являться одним из факторов, влияющих на обилие зоопланктона. По-видимому, основная часть зоопланктона северной части Охотского моря, которая состоит из холодноводных видов субарктического и арктического комплексов, негативно реагирует на потепление именно таким образом.

Другим существенным фактором может быть пресс со стороны нектонных и других планктонофа-

гов, который усиливает влияние негативных климатических флуктуаций, вследствие чего понижается и обилие планктона. Это наглядно показала ситуация с обеспечением пищи минтая в 2000–2013 гг. Тем не менее, даже снижение биомассы доминирующих видов зоопланктона с одновременным увеличением численности массовых видов – планктонофагов не приводит к заметной трофической напряжённости [Волков, 2015а; 2016а].

Графики на рис. 10 и 11 показывают, что в начале исследуемого периода запас КФ после резкого спада быстро достиг «исторического максимума», на котором продержался 7 лет, после чего перешёл на более низкий уровень, на котором продолжает оставаться до настоящего времени. Это снижение произошло за счёт эвфаузии, копепоид и гиперииид, составляющих в Охотском море, по сути, всю кормовую базу минтая. Можно было бы посчитать это следствием пресса со стороны того же минтая, как главного потребителя планктона в эпипелагиали, но такой же тренд показывает и динамика щетинкочелюстных, которые в питании минтая и других видов нектона имеют ограниченное значение. Кажется, что наблюдаемый процесс постепенного снижения продуктивности зоопланктона вызывается причинами скорее климатическими, чем биологическими. Данные по запасу зоопланктона весной 2022 г. выглядят обнадеживающе: возможно в ближайшие годы ситуация 1999–2005 гг. может повториться и планктонное сообщество Охотского моря снова перейдёт на высокопродуктивный уровень.

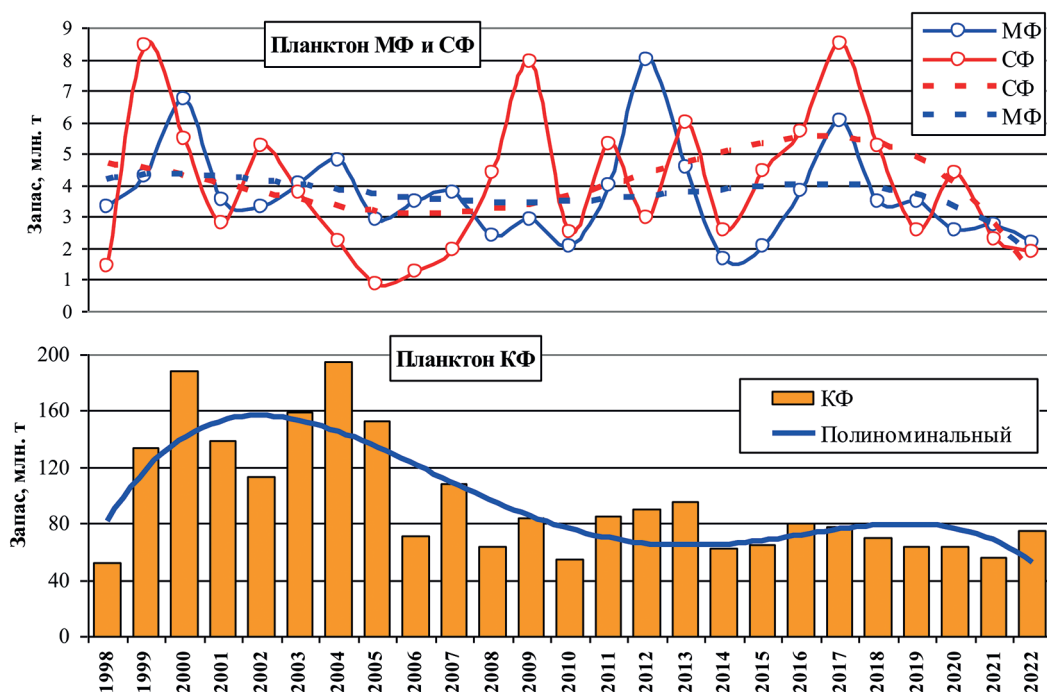


Рис. 10. Межгодовой ход запаса зоопланктона северной части Охотского моря в весенний период
Fig. 10. Interannual variation of the stock of zooplankton in the northern part of the Sea of Okhotsk in the spring

Данные, осреднённые по 5-летним периодам, дают возможность нивелировать влияние коротко-периодных флуктуаций, поэтому общий тренд в раз-

витии сообществ проявляется более определённо. Табл. 8–10 наглядно показывают на постепенное уменьшение биомассы практически всех главных

Таблица 8. Биомасса фракций и групп крупной фракции северной и южной частей Охотского моря в весенний период, mg/m^3
Table 8. Biomass of fractions and groups of large fractions in the northern and southern parts of the Sea of Okhotsk in spring, mg/m^3

Годы	Фито	МФ	СФ	КФ	Copepoda	Euphausiacea	Mysidacea	Amphipoda	Chaetognatha	Coelenterata	Прочие	Количество станций
Северная часть (районы СШ, ИК, ВС, ЗК)												
1991–1995	160	74	88	676	204	208	2	42	215	1	4	705
1996–2000	301	89	73	1067	248	278	7	17	505	8	4	1656
2001–2005	583	88	91	972	320	261	11	17	303	52	6	1862
2006–2010	159	56	58	652	250	136	4	10	222	28	2	1825
2011–2015	232	45	43	615	157	171	3	11	264	3	1	1723
2015–2020	203	37	40	564	189	148	8	10	203	4	2	1065
2021	161	31	16	417	167	112	12	3	122	0	1	187
Южная часть (район ЦЮ)												
1991–1995	252	71	54	741	253	269	1	52	150	3	12	937
1996–2000	36	89	52	650	302	145	2	27	168	1	4	395
2001–2005	35	88	71	541	247	151	3	22	115	1	2	420
2006–2010	76	59	66	387	195	69	1	27	91	3	1	667
2011–2015	133	63	51	349	156	70	1	25	93	3	2	802
2015–2020	34	63	40	367	179	34	2	31	119	1	1	357
2021	41	55	55	204	111	28	0	21	43	0	1	86

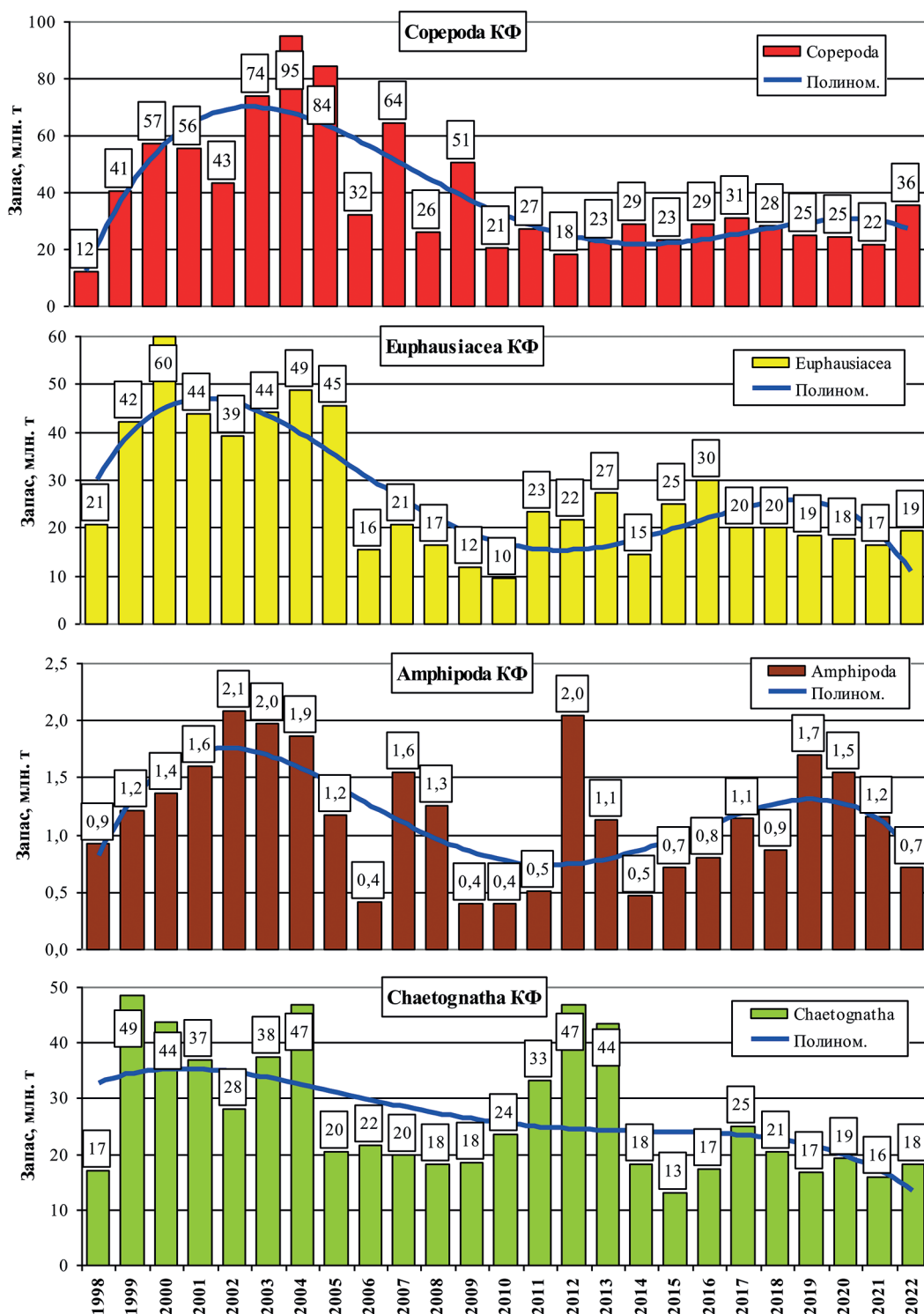


Рис. 11. Межгодовой ход запаса доминирующих групп зоопланктона КФ северной части Охотского моря в весенний период
Fig. 11. Interannual course of the stock of the dominant groups of zooplankton in the CF of the northern part of the Sea of Okhotsk in the spring

составляющих планктонного сообщества Охотского моря в весенний период, включая 2021–2022 гг. Следует обратить внимание на ледовитость, которая в 2022 г. снизилась до 51%, т. е. до уровня 1996–1997 гг. Вопрос: если это начало очередного потепле-

ния, то что может произойти в планктонном сообществе Охотского моря и кормовой базе нектона вообще и минтая в частности?

Исходя из оценок запаса кормовой базы минтая в северной части Охотского моря, казалась бы, что по-

Таблица 9. Запас фракций и групп КФ северной части Охотского моря в весенний период, млн т
Table 9. Stock of fractions and groups of LF in the northern part of the Sea of Okhotsk in the spring, mln t

Период, годы	Фито	МСКФ	МФ	СФ	КФ	Группы КФ						
						Copepoda	Euphausiacea	Mysidacea	Amphipoda	Pteropoda	Chaetognatha	Coelenterata
Запас, млн т												
1997–2000	72,8	129,0	5,8	6,3	116,9	33,8	44,3	0,94	1,2	0,13	36,3	0,18
2001–2005	109,8	160,4	3,7	3,0	153,7	72,2	44,3	0,88	1,7	0,32	34,0	0,16
2006–2010	26,5	82,8	2,9	3,6	76,3	38,9	14,8	0,49	0,8	0,31	20,4	0,58
2011–2015	39,1	89,8	5,8	4,3	79,7	24,1	22,4	0,38	1,0	0,12	31,0	0,37
2016–2020	42,0	81,1	3,9	5,9	71,3	27,5	21,4	0,56	1,2	0,13	19,9	0,55
2021	29,4	61,5	2,7	2,3	56,5	21,9	16,5	0,82	1,2	0,08	16,0	0,02
2022	5,3	78,9	2,2	1,9	74,8	35,8	19,5	0,42	0,7	0,18	18,1	0,37
% от МСКФ						% от КФ						
1997–2000	100	100	4	5	91	29	38	1	1	0	31	0
2001–2005	100	100	2	2	96	47	29	1	1	0	22	0
2006–2010	100	100	4	4	92	51	19	1	1	0	27	1
2011–2015	100	100	6	5	89	30	28	0	1	0	39	0
2016–2020	100	100	5	7	88	39	30	1	2	0	28	1
2021	100	100	4	4	92	39	29	1	2	0	28	0
2022*	100	100	3	2	95	48	26	1	1	0	24	0

* Данные получены в последний момент – после окончания рейса НИС «Профессор Кагановский».

Таблица 10. Запас видов КФ северной части Охотского моря в весенний период, доминирующих в пище минтая, млн т
Table 10. Stock of LF species in the northern part of the Sea of Okhotsk in the spring, which dominate in pollock food, mln t

Период, годы	<i>C. glacialis</i>	<i>N. plumchrus</i>	<i>N. cristatus</i>	<i>E. bungii</i>	<i>M. okhotsensis</i>	<i>M. pacifica</i>	<i>Bradyidius pacificus</i>	<i>Pareuchaeta japonica</i>	<i>Th. raschii</i>	<i>Th. longipes</i>	<i>Th. inermis</i>	<i>E. pacifica</i>	<i>T. pacifica</i>	<i>T. libellula</i>
Запас видов КФ, млн т														
1997–2000	1,8	5,8	1,0	2,1	22,7	0,2	0,1	0,1	38,0	5,8	0,4	0,0	0,5	0,7
2001–2005	1,7	9,7	1,4	1,4	56,8	0,6	0,2	0,4	33,1	10,9	0,3	0,0	1,0	0,7
2006–2010	2,5	7,0	1,2	2,4	25,0	0,4	0,1	0,2	12,1	2,5	0,1	0,0	0,4	0,4
2011–2015	1,5	8,6	1,0	0,9	11,7	0,3	0,1	0,1	19,9	2,3	0,2	0,1	0,4	0,5
2016–2020	1,7	7,5	0,5	1,1	15,8	0,6	0,1	0,1	17,6	3,5	0,2	0,1	0,3	0,8
2021	2,0	2,9	1,0	2,6	11,0	2,3	0,1	0,0	12,1	3,5	0,9	0,0	0,2	0,9
% от КФ														
1997–2000	2	5	1	2	19	0	0	0	33	5	0	0	0	1
2001–2005	1	6	1	1	37	0	0	0	22	7	0	0	1	0
2006–2010	3	9	2	3	33	0	0	0	16	3	0	0	0	1
2011–2015	2	11	1	1	15	0	0	0	25	3	0	0	1	1
2016–2020	2	11	1	2	22	1	0	0	25	5	0	0	0	1
2021	4	5	2	5	19	4	0	0	21	6	2	0	0	2

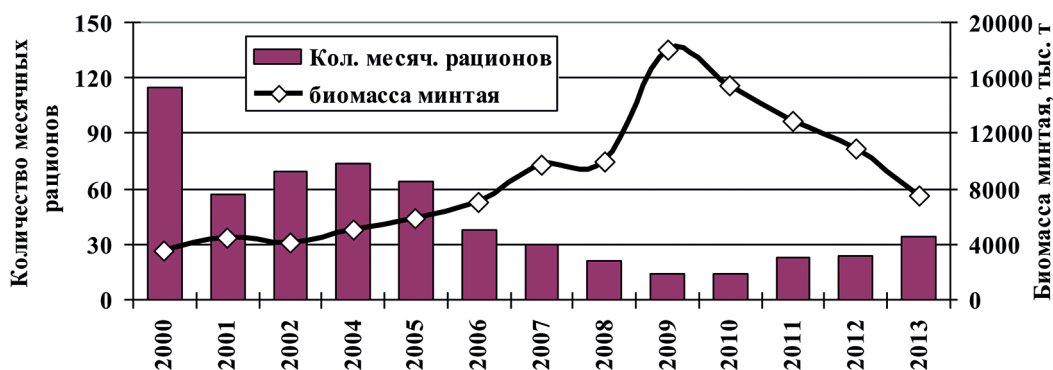


Рис. 12. Зависимость количества месячных рационов минтая от его суммарного запаса в северной части Охотского моря [Волков, 2015б]

Fig. 12. Dependence of the number of monthly pollock rations on its total stock in the northern part of the Sea of Okhotsk [Volkov, 2015b]

требление её минтаем не сможет существенно увеличить трофическую напряжённость, однако резкое возрастание его количества показало обратное, что и показано на рис. 12. При очередном росте биомассы и численности минтая, начавшемся в 2006 г., наблюдалось ухудшение пищевой обеспеченности, проявившееся в уменьшении количества месячных рационов, а при снижении — обратная картина. Соответственно и в кормовой базе происходили изменения этой же направленности.

Берингово море. По значению в отечественном промысле минтая Берингово море занимает второе место, основное внимание уделяется изучению лососевых в период преднерестовых миграций и откочевки молоди в океан, поэтому большая часть планктонных исследований выполняется в летне-осенний период, при этом количества зимних и весенних станций явно недостаточно для корректного исследования многолетней динамики (105 и 235 станций). Основным же требованием к исследованиям планктона здесь является определение состояния кормовой базы не «своего» минтая, а приходящего на откорм из восточных районов моря, а этому как раз и соответствуют имеющиеся материалы по летнему и осеннему периодам (2235 и 1970 станций).

Как и в Охотском море, из 12 групп КФ зоопланктона в пище минтая крупнее 25–35 см основу составляют крупные копеподы, эвфаузииды и амфиподы (преимущественно гиперииды). Mysidacea, Pteropoda и Chaetognatha здесь являются резервным кормом, который только в отдельных случаях встречается в желудках в заметном количестве. Декаподы — это преимущественно креветки *Pandalus borealis* и *P. goniurus*, которые в планктонных пробах не присутствуют, из рыб и кальмаров — это мелкие особи длиной 5–15 см.

Приведённые в табл. 12 и 13 и на рис. 13 и 14 данные показывают заметную тенденцию снижения запаса кормового зоопланктона на уровне фракций, групп и видов КФ (как это было показано и для Охотского моря в табл. 9 и 10 и на рис. 10 и 11), однако, это коснулось не только копепод, эвфаузиид и амфипод, но и щетинкочелюстных, которые в пище нектона не имеют большого значения. Поэтому приходится констатировать, что в этом нельзя обвинить минтая, а скорее всего это последствия каких-то крупномасштабных климатических воздействий на систему в целом.

Общее количество восточного минтая, ежегодно нагуливающегося в Олюторском и Наваринском и частично Анадырском районах, обычно составляет от одного до полутора млн т. Грубые подсчёты показывают, что за месяц минтай съедает количество пищи, равное своему весу. Таким образом, даже в последние годы ему доступно 17 млн т корма или от 17 до 11 месячных рационов. Однако, если учесть, что у половозрелого минтая, крупнее 36 см, больше половины рациона составляют рыбы и креветки (рис. 15), то становится понятным, что месячных рационов имеется значительно больше. При этом не нужно забывать, что Берингово море — это подвижная система, в которой вертикальная и горизонтальная циркуляции компенсируют убыль кормовой базы вследствие выедания, которое тоже не происходит одновременно, а благодаря перемещениям скоплений рыб распределяется по акватории более равномерно. Вывод может быть только один: кормовая база западной части Берингова моря не испытывает фатального пресса со стороны минтая, даже находясь на наиболее низком уровне.

В табл. 13 приведены среднееголетние данные для 2-х районов СЗТО и 2-х районов Чукотского моря. Для корректного расчёта данных по годам и сезонам

Таблица 11. Запас фракций и групп КФ западной части Берингова моря в летне-осенний сезон, тыс. т
Table 11. Stock of fractions and groups of LF in the western part of Bering Sea in the summer-autumn season, 1,000 t

Период, годы	Фито	МФ	СФ	КФ	Copepoda	Euphausiacea	Mysidacea	Amphipoda	Pteropoda	Chaetognatha
Анадырский										
1998–2000	1430	536	1199	12461	4789	8420	49	773	7	4778
2001–2003	2113	966	753	6420	2267	1721	53	424	5	2087
2004–2008	1433	708	701	5955	2434	1848	6	468	22	2062
2009–2013	960	1036	1235	6492	2317	1253	306	936	9	2078
2014–2015	295	725	861	4944	2067	1383	146	491	20	1849
2021	542	1108	501	3666	1332	1143	51	155	165	1513
Наваринский										
1998–2000	879	1802	3379	33543	12745	2248	2	1906	20	16979
2001–2003	998	2522	2629	27718	9797	8911	0	3470	46	8537
2004–2008	2310	1921	2292	25182	10121	5082	35	753	65	10888
2009–2013	1950	2030	2607	26576	11086	3969	32	1132	49	11684
2014–2018	203	2887	3863	26511	5496	2449	7	802	61	12411
2019–2021	1331	1943	1471	14329	4870	733	1	1424	58	8339
Олюторский										
1998–2000	928	1815	3141	45630	35089	1677	3	3832	55	21765
2001–2003	650	3613	3554	41773	20661	4972	0	1520	119	16376
2004–2008	1228	2083	1902	28980	10397	3429	116	588	40	13981
2009–2013	3578	1801	1591	24794	8608	2026	3	894	65	12740
2014–2018	1100	3632	3669	23004	4733	1466	1	1070	455	12140
2019–2021	694	2075	1575	16211	4570	1041	37	1687	260	8905

Таблица 12. Запас доминирующих в пище минтая видов КФ западной части Берингова моря в летне-осенний период, тыс. т
Table 12. Stock of LF species in the northern part of the Sea of Okhotsk in the spring, which dominate in pollock food, 1,000 t

Период, годы	<i>C. glacialis</i>	<i>N. plumchrus</i>	<i>N. cristatus</i>	<i>E. bungii</i>	<i>M. pacifica</i>	<i>Th. raschii</i>	<i>Th. inermis</i>	<i>Th. longipes</i>	<i>T. pacifica</i>	<i>T. libellula</i>
Анадырский										
1998–2000	2584	797	559	727	140	3998	4023	241	238	178
2001–2003	1267	74	20	872	57	436	1203	37	43	19
2004–2008	660	509	178	1050	69	956	610	129	84	283
2009–2013	863	372	131	919	28	862	270	108	34	721
2014–2015	513	98	73	223	63	1173	193	14	42	334
2021	350	1039	8	264	36	317	480	0	18	0
Среднее	981	481	161	676	66	1290	1130	88	77	256
Наваринский										
1998–2000	215	5953	2328	3651	539	541	844	625	1632	35
2001–2003	110	5803	473	2900	715	252	2764	4379	526	0
2004–2008	1163	2542	3203	2834	269	551	985	3436	578	86
2009–2013	551	2469	3927	3644	269	455	369	3079	673	366
2014–2018	106	553	1271	638	1390	441	473	1157	731	3
2019–2021	33	1024	780	1961	313	145	190	284	1374	2
Среднее	363	3057	1997	2605	583	398	938	2160	919	82

Период, годы	<i>C. glacialis</i>	<i>N. plumchrus</i>	<i>N. cristatus</i>	<i>E. bungii</i>	<i>M. pacifica</i>	<i>Th. raschii</i>	<i>Th. inermis</i>	<i>Th. longipes</i>	<i>T. pacifica</i>	<i>T. libellula</i>
Олюторский										
1998–2000	58	6003	26753	1832	450	52	119	1086	3606	0
2001–2003	83	8619	7003	4477	709	59	69	4377	1408	77
2004–2008	50	3113	2920	2576	174	605	282	2203	544	0
2009–2013	8	1768	2372	4031	203	158	77	1516	789	4
2014–2018	4	741	853	142	304	46	26	457	677	3
2019–2021	11	1223	1375	1635	340	110	202	411	1558	78
Среднее	36	3578	6879	2449	363	172	129	1675	1430	27

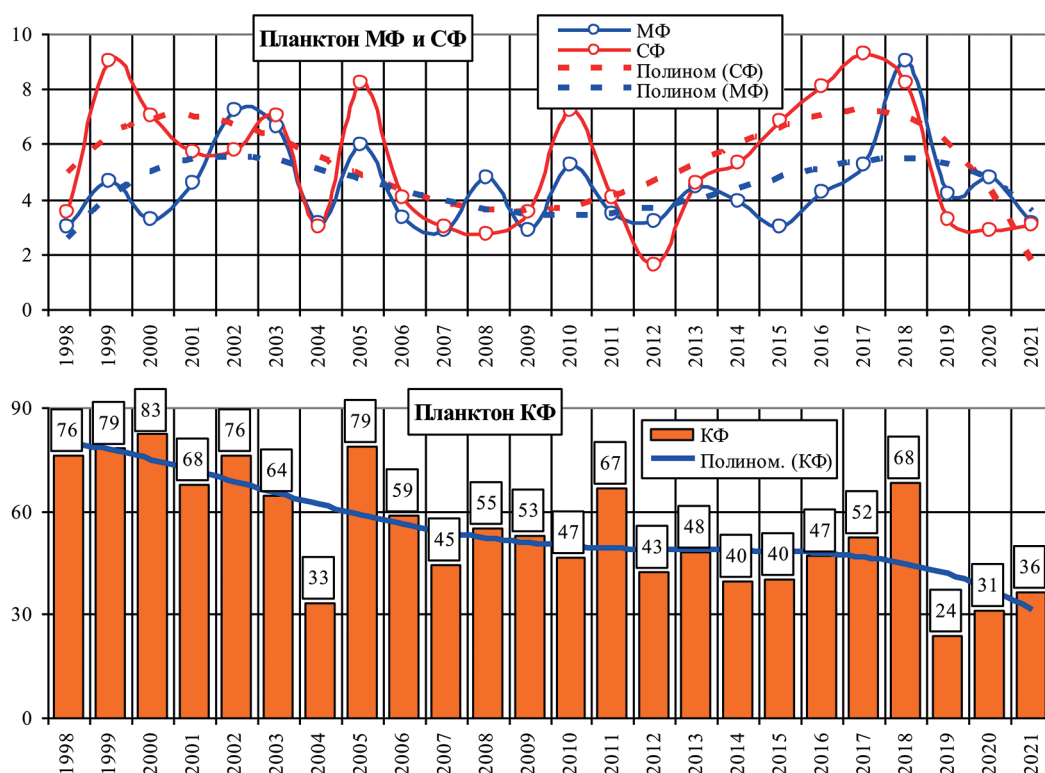


Рис. 13. Межгодовой ход запаса зоопланктона западной части Берингова моря в летне-осенний период, млн т
Fig. 13. Interannual variation of the stock of zooplankton in the in the western part of the Bering Sea in the summer-autumn period, mln t

не хватает первичных материалов, однако и представленные показатели дают возможность в общем виде оценить состояние потенциальной кормовой базы минтая, если такая необходимость возникнет.

Таблицы для расчётов потребления минтаем разноразмерных классов количества основных видов пищи в течение 1 суток

По данным базы ТИНРО «Трофология» составлены табл. 14–16, в которых приведены суточные рационы в килограммах для 1000 кг каждого размерного класса минтая. Не все размерные классы в достаточ-

ной мере обеспечены пробами по питанию, поэтому к данным, полученным по небольшому их количеству следует относиться осторожно, но, как правило, они относятся к районам с невысокой численностью минтая. Таким образом, имея данные по запасам минтая в районах, объединённых в группы, несложно подсчитать количество пищи, потреблённой минтаем за сутки, декаду, месяц и т. д., поскольку все учётные минтайные съёмки выполняются параллельно с планктонными, что даёт возможность определить степень обеспеченности минтая пищей. При этом достаточно будет отслеживать динамику не всех компонентов

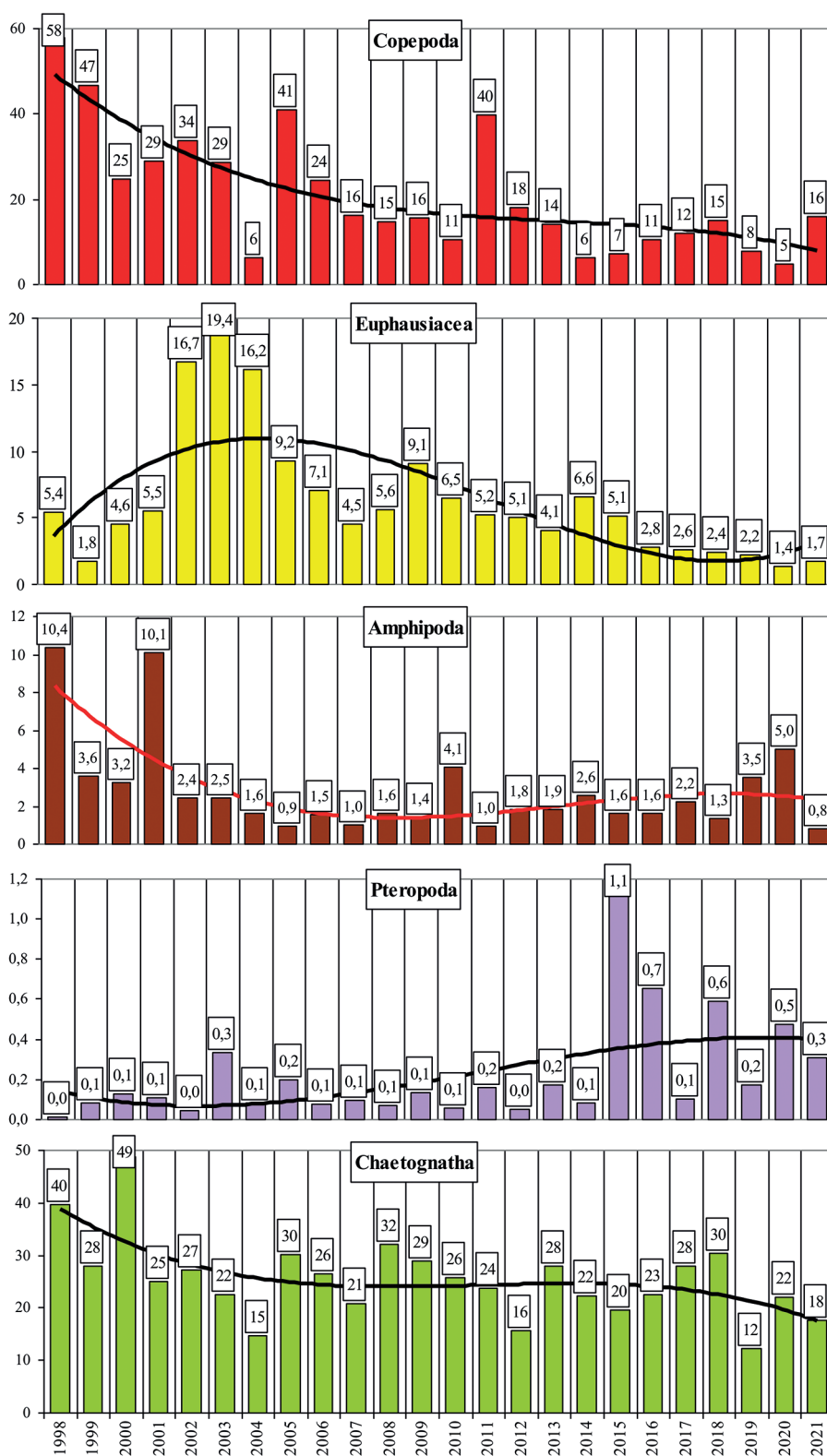


Рис. 14. Межгодовой ход запаса доминирующих групп зоопланктона КФ Олюторско-Наваринского района западной части Берингова моря в летне-осенний период, млн т (линия тренда полиномиальная 3)

Fig. 14. Interannual variation of the stock of dominant zooplankton groups in the LF of the Olyutorsky and Navarinskiy regions of the western Bering Sea in summer and autumn, mln t, (polynomial trend line 3)

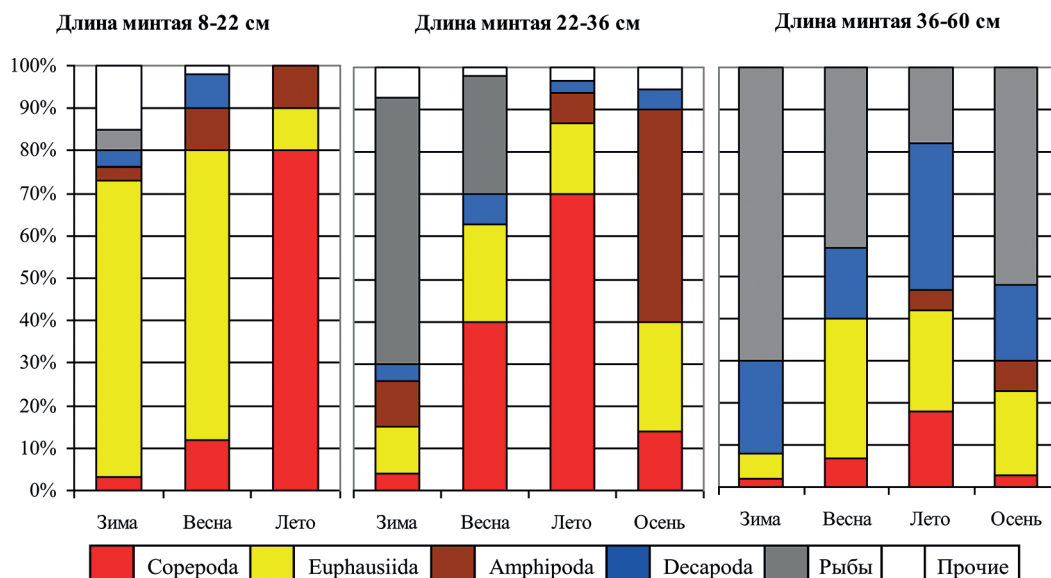


Рис. 15. Сезонная динамика питания минтая разных размеров в Олюторско-Наваринском районе [по Качиной, Савичевой, 1987]

Fig. 15. Seasonal dynamics of pollock feeding of different sizes in the Olyutorsko-Navarinskii region (according to Kachina and Savicheva, 1987)

Таблица 13. Среднемноголетние значения запаса фракций, групп – в верхней части таблицы; видов КФ – в нижней части таблицы (районы: ВК – Восточная Камчатка, ЮКР – южно-курильский, ЗЧ и ВЧ – Западная и Восточная Чукотка), тыс. т

Table 13. Mean long-term values of the stock of fractions, groups – the upper part of the table and types of LF – the lower part of the table (areas: VK – eastern Kamchatka, YuKR – South Kuril, ZCh and VCh – western and eastern Chukotka), 1,000 t

Район	Фито	МФ	СФ	КФ	Copepoda	Euphausiacea	Mysidacea	Amphipoda	Pteropoda	Chaetognatha	Прочие	Площ., тыс. км ²
ВК	1360	848	643	9921	4229	1166	5	633	40	3519	329	467
ЮКР	1594	654	671	10809	4649	1673	4	713	28	3525	216	422
ВЧ	989	736	660	5890	1350	1509	53	142	9	2499	328	430
ЗЧ	676	1155	907	4103	871	1217	3	334	86	1374	227	345
Район	<i>Calanus glacialis</i>	<i>Neocalanus plumchrus</i>	<i>Neocalanus cristatus</i>	<i>Eucalanus bungii</i>	<i>Thysanoessa raschii</i>	<i>Thysanoessa inermis</i>	<i>Thysanoessa longipes</i>	<i>Euphausia pacifica</i>	<i>Themisto pacifica</i>	<i>Themisto libellula</i>	<i>Clione limacina</i>	<i>Limacina helicina</i>
ВК	11	1209	1408	1320	77	123	533	319	544	1	19	21
ЮКР	19	1696	1654	1005	122	70	844	528	590	3	14	14
ЗЧ	540	118	125	265	536	403	43	437	25	106	6	1
ВЧ	337	82	54	363	842	366	0	0	11	322	48	0

планктонного сообщества, а только тех, которые составляют основу в питании различных размерных классов минтая в разных зонах его обитания и, соответственно, промысла. При получении данных по

численности минтая по более крупным размерным классам рационы соседних классов достаточно суммировать.

Таблица 14. Длина тела минтая, средняя масса тела и количество экземпляров в 1000 кг (по данным из Базы «Трофология»)

Table 14. Pollock body length, average body weight and number of specimens per 1000 kg (according to data from the «Trophology» Database)

Длина, см	5–10	10–20	20–30	30–40	40–50	50–60	60–80
Масса, г	5	25	120	300	600	1000	1900
Экз./т	200000	40000	8300	3300	1700	1000	500

Таблица 15. Состав пищи, потребляемой одной тонной минтая Охотского моря каждого размерного класса в течение 1 суток

Table 15. Composition of food consumed by one tonne of pollock from the Sea of Okhotsk each size class within 1 day

Размер- ный ряд, см	Суточ- ный рацион, кг	Copepoda	Euphausiacea	Mysidacea	Amphipoda	Decapoda	Pteropoda	Chaetognatha	Appendicularia	Прочие	План- ктон	Нектон	Кол-во проб
Район СШ													
5–10	65	10,3	50,1	0	2,7	0,5	0,1	1,2	0	0	65	0	179
10–20	50	7,2	37,5	0,1	4,1	0,1	0,1	0,7	0	0	50	0	483
20–30	40	13,4	19,8	0,2	3,8	0,7	0	0,6	0,5	0,1	39	1	321
30–40	25	4,9	13,8	0,1	1,8	1,3	0,1	0,2	0,5	0,1	23	2	845
40–50	15	0,9	8,2	0	1,0	1,7	0	0,1	0,3	0	12	3	1080
50–60	10	0,1	3,2	0	0,5	1,8	0	0	0,1	0	6	4	551
60–80	35	0	0,3	0	1,7	8,6	0	0	0	0	11	24	43
Район ИК													
5–10	65	38,2	14,4	0	12,2	0	0	0,2	0	0	65	0	32
10–20	50	17,8	25,7	0	3,2	0,2	0,1	0	2,6	0,3	50	0	158
20–30	40	26,6	8,7	0	1,3	0	0,1	0,8	1,6	0,1	39	1	504
30–40	25	12,3	7,5	0	1,3	0,3	0	0,7	1,2	0,2	24	1	1050
40–50	15	3,6	6,2	0	1,2	0,7	0,2	0,2	0,7	0,1	13	2	845
50–60	10	0,5	3,3	0	0,7	1,0	0,1	0	0,4	0,1	6	4	221
60–80	30	0,1	0,4	0	0,1	4,8	3,3	0	0	0	9	21	15
Район ЗК													
5–10	65	20,3	35,8	1,1	1,5	0,2	1,1	3,4	0,7	0,2	64	1	80
10–20	50	18,2	22,4	0,9	3,5	1,6	0,5	1,8	0,1	0,2	49	1	142
20–30	40	21,3	13,8	0,1	2,6	0	0	0,7	0,6	0,3	39	1	248
30–40	25	9,6	10,9	0,0	0,8	0,3	0	0,5	0,6	0,1	23	2	742
40–50	15	2,6	8,0	0,1	0,7	0,3	0,1	0,2	0,5	0,1	12	3	899
50–60	10	0,4	5,4	0,1	0,6	0,7	0,1	0,1	0,3	0	8	2	563
60–80	11	0,2	4,5	0,2	0,5	2,4	0	0	0,5	0,1	8	3	109
Район ВС													
5–10	65	17,9	24,6	0	12,6	0	7,6	2,3	0	0	65	0	8
10–20	50	14,9	24,0	0	9,0	0	0	0	1,0	0	49	1	16
20–30	40	22,9	16,1	0	0,6	0,1	0	0,1	0,2	0	40	0	43
30–40	25	7,9	14,9	0	0,5	0,4	0	0,1	0,2	0	24	1	152
40–50	15	1,9	10,4	0	0,4	0,3	0	0	0,2	0	13	2	205
50–60	10	0,2	6,2	0	0,5	0,6	0,1	0	0,1	0	8	2	127
60–80	25	0,0	5,0	0	0,6	2,4	0	0	0	0	8	17	11

Окончание табл. 15

Размер- ный ряд, см	Суточ- ный рацион, кг	Copepoda	Euphausiacea	Mysidacea	Amphipoda	Decapoda	Pteropoda	Chaetognatha	Appendicularia	Прочие	План- ктон	Нектон	Кол-во проб
Район ЦЮ													
5–10	65	19,1	38,1	0	0,8	0	0	0	0	0	58	7	7
10–20	50	5,7	39,3	0	1,2	0,2	0	1,4	0	0	48	2	7
20–30	40	10,1	28,1	0	0,3	0,2	0	1,2	0,1	0	40	0	9
30–40	25	5,5	12,8	0	1,0	0,1	0	0,5	0,3	0	20	5	142
40–50	15	1,5	9,0	0	0,8	0	0,1	0,2	0,3	0,1	12	3	325
50–60	10	0,3	5,3	0	0,8	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	7	3	309
60–80	20	0	9,2	0	2,3	0	0,2	0	0,3	0,3	12	8	28

Таблица 16. Состав пищи, потребляемой 1 тонной минтая западной части Берингова моря и северо-западной части Тихого океана каждого размерного класса в течение 1 суток

Table 16. Composition of food consumed by 1 tonne of of walleye pollock in the western Bering Sea and the northwestern Pacific Ocean of each size class during 1 day

Размерный ряд, см	Суточный ра- цион, кг	Copepoda	Euphausiacea	Mysidacea	Amphipoda	Decapoda	Pteropoda	Chaetognatha	Appendicularia	Прочие	Планктон	Нектон	Кол-во проб
Западная часть Берингова моря													
Анадырский район													
5–10	65	25,9	21,9	0,7	7,3	0,4	2,0	1,5	1,6	0	61	4	77
10–20	50	18,6	14,1	1,4	8,6	1,3	0,4	2,9	0,4	0,1	48	2	136
20–30	40	13,2	15,6	0,2	5,0	1,3	0,2	0,5	1,3	0	37	3	128
30–40	25	7,6	7,4	0	3,4	1,3	0	0,2	1,7	0	22	3	157
40–50	15	2,2	4,5	0,1	2,5	1,4	0	0,1	1,1	0,1	12	3	138
50–60	10	0,3	1,7	0	2,3	1,6	0	0	0,2	0,1	6	4	109
60–80	35	0,3	3,5	1,0	6,4	10,7	0,1	0	0,4	1,3	24	11	105
Мелководная (шельфовая) зона													
5–10	65	47,7	9,0	0	7,2	0	0	1,2	0	0	65	0	16
10–20	50	23,9	22,2	0	1,5	2,4	0	0	0	0	50	0	3
20–30	40	25,8	13,7	0	0	0,5	0	0	0	0	40	0	3
30–40	25	14,1	7,7	0	0,4	0,7	0	0,1	0,1	0,3	23	2	9
40–50	15	7,7	3,1	0	0,5	0,3	0,4	0,2	0,8	0,4	13	2	49
50–60	15	8,0	4,6	0	0,2	0,1	0,2	0,1	0,4	0	14	1	74
60–80	12	3,5	5,5	0	0,3	1,0	0,5	0	1,2	0	12	0	7
Наваринский и Олюторский районы													
5–10	65	21,6	30,0	0,6	7,3	1,6	0	0,6	2,4	0,8	65	0	23
10–20	50	9,9	26,3	2,4	2,9	1,8	0	0,6	0,4	0,3	45	5	44
20–30	40	10,6	5,7	0	5,4	3,6	0	0,4	1,0	0,4	27	13	65
30–40	25	4,7	6,8	0	2,8	3,1	0	0,6	0,4	0,3	19	6	92
40–50	15	1,8	3,4	0	2,4	1,1	0	0,1	0,1	0,1	9	6	101
50–60	10	0,4	2,8	0,1	0,2	1,3	0	0	0,6	0,3	6	4	91
60–80	35	0,6	3,9	0,5	4,6	6,9	0	0	1,6	0,3	18	17	58

Размерный ряд, см	Суточный рацион, кг	Copepoda	Euphausiacea	Mysidacea	Amphipoda	Decapoda	Pteropoda	Chaetognatha	Appendicularia	Прочие	Планктон	Нектон	Кол-во проб
Северо-западная часть Тихого океана													
Район ВК													
5–10	65	47,9	3,3	0	13,8	0	0	0	0	0	65	0	6
10–20	50	43,3	0	0	5,3	0	0	0,7	0	0,7	50	0	2
20–30	40	20,9	0,5	0	3,7	14,5	0	0	0	0,4	40	0	2
30–40	25	10,4	2,0	0	0,7	6,5	0	1,8	0	3,6	25	0	3
40–50	15	9,3	1,8	0	0	0	0,5	0,5	2,2	0	14	1	7
50–60	10	3,7	4,4	0	0,8	0	0	0,3	0	0,8	10	0	3
60–80	35	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	1
ЮКР													
5–10	65	29,2	3,4	0	4,4	0	0	1,6	0	0	39	26	5
10–20	50	15,4	31,4	0	1,7	0	0	1,1	0,1	0	50	0	54
20–30	40	11,0	23,1	0	4,4	0	0,1	0,3	0,5	0,1	39	1	93
30–40	25	4,0	16,0	0	2,4	0	0,1	0,4	0,2	0	23	2	161
40–50	15	1,9	9,1	0	2,0	0,1	0	0,3	0,1	0	14	1	172
50–60	10	1,4	4,1	0	2,0	0	0,3	0,1	0,1	0	8	2	89
60–80	35	12,9	13,5	0	2,8	0	2,4	0	0	2,6	34	1	10

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прежде чем заниматься исследованием состояния кормовой базы минтая, следует выяснить его возрастные и региональные предпочтения. Эти вопросы рассмотрены в первой части статьи. Основу пищи личинок и мальков составляют мелкие копеподы и их яйца, науплии, ранние копеподиты, личинки беспозвоночных, а также инфузории и зоофлагелляты, а также и другой нано- и микрозоопланктон, который не облавливается планктонными сетями. По мере роста изменяются размеры пищи и видовой состав. В пище минтая крупнее 30 см во всех регионах от 80 до 100% планктонной пищи составляют копеподы КФ, эвфаузииды и гиперииды. У половозрелого минтая крупнее 30–40 см всё большее место в пище занимает нектон, т. е. рыбы (включая собственных сеголеток и молодь) и кальмары, доля нектона с увеличением размеров возрастает и у минтая длиной 60–80 см составляет более 50%. В планктонных сообществах в питании минтая долгое время оставалась недооцененной роль аппендикулярий, в одной из последних публикаций автор сделал попытку исправить это [Волков, 2022].

Приведённые на рис. 8 графики показывают наличие обратной зависимости между уровнем содержания жирности в печени и интенсивностью питания половозрелого минтая, из чего следует, что по мере

накопления жира в посленерестовый период его потребность в пище снижается в разы, и соответственно уменьшается суточный рацион, а следовательно снижается и общий пресс на кормовую базу, т. е. при расчётах обеспеченности пищей необходимо учитывать физиологическое состояние минтая. Этот фактор, по-видимому, влияет на начало обратных миграций минтая, например, в Наваринском районе.

В серии таблиц, касающихся планктона, приведены среднемноголетние и среднесезонные данные по запасу фракций, доминирующих групп и видов КФ в северной и южной частях Охотского моря преимущественно в весенний период, которые следует рассматривать как некоторые вероятностные характеристики. Данные, осреднённые по 5-летним периодам, показывают тенденцию снижения запасов практически по всем основным показателям в Охотском и Беринговом морях. Нельзя с уверенностью сказать, в связи с чем это происходит, но такое уже происходило в Охотском море (см. на рис. 9 начало 1998 г. и далее), когда после аналогичной ситуации начался быстрый рост, буквально за 2 года все элементы биомассы планктона возросли до уровня «исторического» максимума, что может опять произойти в недалёком времени. В целом, говоря о современном состоянии кормовой базы минтая Охотского и Берингова мо-

рей, вряд ли стоит оценивать её уровень как «депрессивный» или же, наоборот, находящийся на подъёме. Флуктуации такого ранга являются естественными, один период неизменно сменяется другим, следуя за субтотальными климатическими взлётами и падениями, поэтому излишний пессимизм или оптимизм здесь вряд ли уместны. Общий вывод о состоянии кормовой базы минтая Охотского и Берингова морей: кормовая база не испытывает фатального пресса со стороны минтая, даже находясь на наиболее низком уровне.

Приведённые в заключение табл. 14–16 можно расценивать как методический приём, рекомендуемый как, имея данные по запасам минтая в районах объединённых в группы, подсчитать количество пищи потреблённой минтаем за сутки, декаду, месяц и т. д. и по этим показателям рассчитать степень его обеспеченности пищей.

Благодарности

Всем участникам экспедиций, в которых были собраны и обработаны материалы, объединённые в базы данных ТИНРО.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии у него конфликта интересов

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Исследование не имело дополнительного финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Волков А. Ф. 1996. Зоопланктон эпипелагиали дальневосточных морей: состав сообществ, межгодовая динамика, значение в питании нектона: Научный доклад по дис. ... докт. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-Центр. 69 с.
- Волков А. Ф. 2000. Питание минтая в эпипелагиали Охотского моря и состояние его кормовой базы в зимне-весенний период 1998 г. // *Океанология*. Т. 40. Вып. 5. С. 742–755.
- Волков А. Ф. 2008. Методика сбора и обработки планктона и проб по питанию нектона (пошаговые инструкции) // *Известия ТИНРО*. Т. 154. С. 405–416.
- Волков А. Ф. 2012 а. Массовое появление *Themisto libellula* в северной части Берингова моря: вторжение или вспышка? // *Известия ТИНРО*. Т. 168. — С. 142–151.
- Волков А. Ф. 2012 б. Результаты исследований зоопланктона Берингова моря по программе «НРАФС» (экспедиция BASIS). Часть 1. Восточные районы // *Известия ТИНРО*. Т. 169. С. 45–66.
- Волков А. Ф. 2013. Зависимость питания тихоокеанских лососей от состояния их кормовой базы (по результатам работ экспедиции BASIS в 2003–2012 гг.) // *Бюллетень «Изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке»*. № 8. С. 58–67.
- Волков А. Ф. 2015 а. Пространственно-временные элементы экологии эвфаузиид Охотского моря // *Известия ТИНРО*. Т. 180. С. 128–139.
- Волков А. Ф. 2015 б. Введение в трофологию минтая // *Известия ТИНРО*. Т. 183. С. 167–186.
- Волков А. Ф. 2016 а. Таблицы и графики по трофологии минтая западной части Берингова моря // *Известия ТИНРО*. Т. 185. С. 175–184.
- Волков А. Ф. 2016 б. Элементарная трофология тихоокеанских лососей в Беринговом море. Видовые и региональные отличия. Обеспеченность пищей при различных условиях среды // *Известия ТИНРО*. Т. 187. С. 162–186.
- Волков А. Ф. 2018. Современное состояние весеннего планктонного сообщества северной части Охотского моря (1997–2017 гг.) // *Известия ТИНРО*. Т. 192. С. 121–135.
- Волков А. Ф. 2019. Возможности и приёмы при работе с базами данных ТИНРО «Зоопланктон северной части Тихого океана, Охотского, Берингова и Чукотского морей», «Трофология нектона» и «Морская биология» // *Известия ТИНРО*. Т. 198. С. 239–261.
- Волков А. Ф. 2022. Аппендикулярии Охотского, Берингова, Чукотского морей и северной части Тихого океана (СТО) и их значение в питании нектона // *Известия ТИНРО*. Т. 202, вып. 2. С. 390–408.
- Волков А. Ф., Горбатенко К. М., Ефимкин А. Я. 1990. Стратегии питания минтая // *Известия ТИНРО*. Т. 111. С. 123–132.
- Волков А. Ф., Горбатенко К. М., Мерзляков А. Ю. 2003. Планктон, состояние кормовой базы и питание массовых рыб эпипелагиали Охотского моря в зимне-весенний период // *Известия ТИНРО*. Т. 133. С. 169–235.
- Качина Т. Ф., Савичева Э. А. 1987. Динамика питания минтая в западной части Берингова моря // *Популяционная структура, динамика численности и экология минтая*. Владивосток: Известия ТИНРО. С. 174–188.
- Кузнецова Н. А. 2005. Питание и пищевые отношения нектона в эпипелагиали северной части Охотского моря. Владивосток: Известия ТИНРО. 235 с.
- Максименков В. В. 1984. Пищевые отношения личинок некоторых рыб в зал. Корфа // *Вопросы ихтиологии*. Т. 24. С. 972–978.
- Максименков В. В. 2007. Питание и пищевые отношения молоди рыб, обитающих в эстуариях рек и побережье Камчатки. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 278 с.
- Микулич Л. В. 1949. О питании минтая в северной части Берингова моря // *Известия ТИНРО*. Т. 29. С. 51–66.
- Степаненко М. А., Грицай Е. В. 2016. Состояние ресурсов, пространственная дифференциация и воспроизводство минтая в северной и восточной частях Берингова моря // *Известия ТИНРО*. Т. 185. С. 16–30.
- Туманцева Н. И. 1982. Биомасса и продукционные характеристики протозойного планктона в субантарктических и антарктических районах юго-восточной части Тихого океана // *Океанология*. Т. 22. Вып. 5. С. 813–819.
- Туманцева Н. И., Копылов А. И. 1985. Протозойный планктон в сообществах пелагиали в продуктивных районах Тихого океана // *Биологические основы промыслового*

- освоения открытых районов Тихого океана. М.: Наука. С. 145–155.
- Чучукало В.И. 2006. Питание и пищевые отношения nekтона и nekтобентоса в дальневосточных морях. Владивосток: ТИНРО-Центр. 484 с.
- Швыдкий Г.В., Вдовин А.Н. 1991. Распределение охотоморского минтая различной упитанности в летний период // Рыбное хозяйство. № 9. С. 33–34.
- Швыдкий Г.В., Вдовин А.Н., Горбатенко К.М. 1994. Динамика упитанности минтая в дальневосточных морях // Известия ТИНРО. Т. 116. С. 178–192.
- Шунтов В.П., Волков А.Ф., Ефимкин А.А. 1988. Состав и современное состояние сообществ рыб пелагиали западной части Берингова моря. // Биология моря. № 2. С. 56–65.
- Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО-Центр. 426 с.
- Kamba M. 1977. Feeding habits and vertical distribution of walleye Pollock, *Theragra chalcogramma*, in early life stage in Uchiura Bay, Hokkaido // Res. Inst. N. Pac. Fish. Hokkaido Univ. Spec. P. 175–197.
- Nishiyama T., Hirano K. 1985. Prey size and weight relations in larval walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) // Bull. Plankton Soc. of Japan. Vol. 32. No 1. P. 45–59
- ### REFERENCES
- Volkov A.F. 1996. Zooplankton of the epipelagic zone of the Far Eastern seas: composition of communities, interannual dynamics, significance in the diet of nekton: Scientific report on dis. ... doc. biol. sci. Vladivostok: TINRO-Center. 69 p.
- Volkov A.F. 2000. Pollock feeding in the epipelagic zone of the Sea of Okhotsk and the state of its food supply in the winter-spring period of 1998 // Oceanology. Vol. 40. No. 5. P. 742–755.
- Volkov A.F. 2008. Methodology for the collection and processing of plankton and nekton feeding samples (step by step instructions) // Izvestiya TINRO. T. 154. S. 405–416.
- Volkov A.F. 2012 a. Mass appearance of *Themisto libellula* in the northern part of the Bering Sea: invasion or outbreak? // Izvestiya TINRO. T. 168. S. 142–151.
- Volkov A.F. 2012 b. Results of studies of zooplankton in the Bering Sea under the NPAFC program (BASIS expedition). Part 1. Eastern regions // Izvestiya TINRO. T. 169. S. 45–66.
- Volkov A.F. 2013. Dependence of the nutrition of Pacific salmon on the state of their food supply (according to the results of the BASIS expedition in 2003–2012) // Bulletin "Studies of Pacific salmon in the Far East". No. 8. S. 58–67.
- Volkov A.F. 2015 a. Spatial-temporal patterns of euphausiids ecology in the Okhotsk Sea // Izvestiya TINRO. V. 180. P. 128–139.
- Volkov A.F. 2015 b. Introduction to trophology of walleye Pollock // Izvestiya TINRO. V. 183. P. 167–186.
- Volkov A.F. 2016 a. Tables and diagrams on trophology of walleye pollock in the western Bering Sea // Izvestiya TINRO. V. 185. P. 175–184.
- Volkov A.F. 2016 b. Elementary trophic ecology of pacific salmons in the Bering Sea. Species and regional differences. Provision with food in different environments // Izvestiya TINRO. V. 187. P. 162–186.
- Volkov A.F. 2018. Present state of the spring plankton community in the northern Okhotsk Sea (1997–2017) // Izvestiya TINRO. V. 192. P. 121–135.
- Volkov A.F. 2019. Opportunities and techniques of using the databases of TINRO «Zooplankton of the North Pacific, Okhotsk, Bering, and Chukchi Seas», «Nekton trophology», and «Marine Biology» // Izvestiya TINRO. V. 198. P. 239–261.
- Volkov A.F. 2022. Appendicularia of Bering, Okhotsk, Chukcha seas and North Pacific Ocean (NPO) and their significance in feeding of nekton // Izvestiya TINRO. V. 202 (2). P. 390–408.
- Volkov A.F., Gorbatenko K.M., Efimkin A. Ya. 1990. Pollock nutrition strategies // Izvestiya TINRO. V. 111. P. 123–132.
- Volkov A.F., Gorbatenko, K.M., Merzlayakov A. Yu. 2003. Plankton, condition of the forage resources and feeding of the dominant epi- and mesopelagic fish species of the Okhotsk Sea during the winter-spring // Izvestiya TINRO. V. 133. P. 169–235.
- Kachina T.F., Savicheva E.A. 1987. Pollock feeding dynamics in the western part of the Bering Sea // Population structure, abundance dynamics and pollock ecology. Vladivostok: TINRO. P. 174–188.
- Kuznetsova N.A. 2005. Feeding and food relations of nekton in the epipelagic zone of the northern part of the Sea of Okhotsk. Vladivostok: TINRO. 235 p.
- Maximenkov V.V. 1984. Nutritional relations of larvae of some fish in the hall. Korfa // Voprosy ichthyology. V. 24. P. 972–978.
- Maximenkov V.V. 2007. Feeding and nutritional relationships of juvenile fish living in the estuaries of rivers and coastal areas of Kamchatka. Petropavlovsk-Kamch.: KamchatNRO. 278 p.
- Mikulich L.V. 1949. On pollock feeding in the northern part of the Bering Sea // Izvestiya TINRO. V. 29. P. 51–66.
- Stepanenko M.A., Gritsay E.V. 2016. Assessment of stock, spatial distribution, and recruitment of walleye pollock in the northern and eastern Bering Sea // Izvestiya TINRO. V. 185. P. 16–30.
- Tumantseva N.I. 1982. Biomass and production characteristics of protozoan plankton in the subantarctic and Antarctic regions of the southeastern part of the Pacific Ocean // Oceanology. V. 22 (5). P. 813–819.
- Tumantseva N.I., Kopylov A.I. 1985. Protozoan plankton in pelagial communities in the productive regions of the Pacific Ocean // Biological bases of commercial development of open areas of the Pacific Ocean. M.: Nauka. P. 145–155.
- Chuchukalo V.I. 2006. Nutrition and nutritional relationships of nekton and nektoбentos in the Far Eastern seas. Vladivostok: TINRO-Center. 484 p.
- Shvydky G.V., Vdovin A.N. 1991. Distribution of pollock of the Sea of Okhotsk of different fatness in the summer period // Rybnoe khozyajstvo. № 9. P. 33–34.
- Shvydky G.V., Vdovin A.N., Gorbatenko K.M. 1994. The dynamics of walleye pollock condition in the Far Eastern seas // Izvestiya TINRO. V. 116. P. 178–192.

- Shuntov V.P., Volkov A.F., Efimkin A. Ya.* 1988. Composition and current state of fish communities in the pelagial of the western part of the Bering Sea. // *Biology of the sea*. № 2. S.56–65.
- Shuntov, V.P., Volkov, A.F., Temnykh, O.S., Dulepova, E.P.* 1993. Walleye Pollock in Ecosystems of the Far Eastern Seas. Vladivostok: TINRO-Tsentr. 426 c.
- Kamba M.* 1977. Feeding habits and vertical distribution of walleye Pollock, *Theragra chalcogramma*, in early life stage in Uchiura Bay, Hokkaido // *Res. Inst. N. Pac. Fish. Hokkaido Univ. Spec.* P. 175–197.
- Nishiyama T., Hirano K.* 1985. Prey size and weight relations in larval walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) // *Bull. Plankton Soc. of Japan*. Vol. 32. No 1. P. 45–59

Поступила в редакцию 29.06.2022 г.
Принята после рецензии 03.10.2022 г.



Промысловые виды и их биология

Минтай Берингова моря: особенности распределения и биологии, запасы, промысел

А.В. Датский, А.Ю. Шейбак, Н.П. Антонов

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

Цель работы: выявление особенностей распределения и биологии минтая *Gadus chalcogrammus*, а также представление информации о запасах и освоении его ресурсов в Беринговом море.

Используемые методы: для решения поставленной цели проанализированы данные по распределению, биологии, биомассе и промыслу минтая.

Новизна: элементами новизны являются обобщенные современные материалы по распределению, биологии, запасам и рыболовстве минтая.

Практическая значимость: на современном этапе восточноберингоморская и северо-западная группировки минтая находятся на среднемноголетнем уровне биомасс, их ежегодные изменения во многом зависят от фоновых условий природной среды и развития кормовой базы, обуславливающих масштабы миграций рыб из юго-восточной части Берингова моря в северо-западную и обратно. У западноберингоморского минтая наблюдается тенденция постепенного восстановления запасов после периода минимальных значений в конце 1990-х гг. — начале 2000-х гг. В целом текущее состояние запасов минтая в Беринговом море характеризуется как устойчивое, которое поддерживает промысел на относительно высоком уровне. Полученные в настоящей работе результаты по особенностям распределения и биологии минтая, состоянию его запасов и промыслу позволяют повысить эффективность использования сырьевой базы морских рыб Берингова моря.

Ключевые слова: минтай *Gadus chalcogrammus*, Берингово море, распределение, биология, биомасса, промысел.

Walleye pollock of the Bering Sea: features of distribution and biology, stocks, fishery

Andrey V. Datsky, Artem Yu. Sheybak, Nikolay P. Antonov

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

The purpose of the work: to identify the features of the distribution and biology of walleye pollock *Gadus chalcogrammus*, as well as to provide information on the reserves and development of its resources in the Bering Sea.

Methods used: to achieve the goal, data on distribution, biology, biomass and fishery of walleye pollock were analyzed.

Novelty: elements of novelty are generalized modern materials on the distribution, biology, stocks and fishery of walleye pollock.

Practical significance: at the present stage, the East Bering Sea and northwestern pollock populations are at the average long-term level of biomass, their annual changes largely depend on the background conditions of the natural environment and the development of the food supply, which determine the scale of fish migration from the southeastern part of the Bering Sea to the northwestern and back. In the West Bering Sea walleye pollock, there is a trend towards a gradual recovery of stocks after a period of minimum values in the late 1990s — early 2000s. In general, the current state of walleye pollock stocks in the Bering Sea is characterized as stable, which maintains the fishery at a relatively high level. The results obtained in this work on the characteristics of the distribution and biology of walleye pollock, the state of its stocks and fishing will improve the efficiency of using the raw material base of marine fish in the Bering Sea.

Keywords: walleye pollock, Bering Sea, distribution, biology, biomass, fishery.

ВВЕДЕНИЕ

Сложившаяся на настоящий момент геополитическая ситуация в мире с особой остротой поднимает вопросы национальной безопасности Российской Федерации, составными частями которой являются экономическая и продовольственная безопасности. Важнейшим в этом плане можно считать развитие рыбохозяйствен-

ного комплекса страны и, в первую очередь, рыболовства, которое обеспечивает высокую занятость населения в этой сфере и снабжает людей рыбой и рыбопродуктами, безопасными для здоровья с полноценными элементами сбалансированного питания.

Стабильность работы рыбохозяйственной отрасли во многом зависит от ресурсной составляющей,

а именно от базовых видов водных биологических ресурсов (ВБР), имеющих максимальные запасы и представляющих наибольшую пищевую ценность. В первую очередь, к таким ресурсам можно отнести минтая *Gadus chalcogrammus* (Pallas, 1814), промысловый запас которого в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне в 2021 г. составил 11,958 млн т, а вылов достиг 1739 млн т, или 49,6% суммарных уловов промысловых видов рыб в российской исключительной экономической зоне (ИЭЗ) северо-западной части Тихого океана [Сведения..., 2022¹].

В Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне основными районами добычи минтая являются Охотское и Берингово моря, а также тихоокеанские воды у восточного побережья Камчатки, северных и южных Курильских островов. Меньшее значение имеют запасы и промысел рыб в ИЭЗ РФ в Японском море [Антонов и др., 2016]. Минтай Берингова моря — для отечественного промысла стратегический ресурс России, он обеспечивает в среднем около 30% общего вылова вида на Дальнем Востоке [Антонов, Датский, 2019]. По данным 2000–2020 гг. осреднённый улов в российских водах моря достигал 426 тыс. т при максимуме 632 тыс. т в 2007 г. (около 51% всех уловов минтая в этот год). Если к этому объёму добавить ежегодный изымаемый ресурс минтая в восточной части моря, а это около 1300–1400 тыс. т в 2015–2021 гг. [Ianelli et al., 2021], то приоритетное значение данного вида ВБР для рыболовства в Беринговом море и в дальневосточных морях и прилегающих к ним акваториях неоспоримо.

В целом надо отметить, что Берингово море является одним из самых высокопродуктивных районов Мирового океана. Помимо минтая, здесь происходит воспроизводство и нагул таких ценных объектов промысла как треска *Gadus macrocephalus* Tilesius, 1810, палтусы, камбалы, тихоокеанская сельдь *Clupea pallasii* Valenciennes, 1847, морские окуни, угольная рыба *Anoplopoma fimbria* (Pallas, 1814), тихоокеанские лососи, крабы и креветки [Моисеев, 1969; Фадеев, 1986; Шунтов, 2016]. Биоресурсы моря распределены в ИЭЗ России и США, а также в международных водах, анклав в центральной части моря. Промысловые скопления минтая в российских водах Берингова моря, помимо локальных группировок местного происхождения, формируются и за счёт сезонных нагульных миграций молоди и средневозрастных рыб из восточной части моря.

В этой связи, целью настоящего исследования является выявление особенностей распределения и био-

логии минтая, а также представление современной информации о его ресурсах и промысле в Беринговом море.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследование основано на материалах, собранных сотрудниками Тихоокеанского, Камчатского филиалов и Центрального аппарата ВНИРО в 1995–2021 гг. в ходе изучения рыбных ресурсов западной части Берингова моря — на акватории от Карагинского залива до Берингова пролива общей площадью свыше 230 тыс. км². Работы проводили на научно-исследовательских и промысловых судах, с использованием различных орудий лова — донные и пелагические тралы, яруса и жаберные сети, снурреводы. Данные собирали на глубинах 2–800 (в основном 50–300) м преимущественно в тёплый период года (июль–сентябрь), в отдельные годы — в апреле–июне и октябре–феврале. В общей сложности в основу настоящей работы положены материалы 61 экспедиции, в ходе которых выполнено свыше 6 тыс. т контрольных постановок различными орудиями лова. Данные по минтаю из западной части Берингова моря были дополнены информацией по рыбам из восточной части моря научного центра рыболовства Аляски (AFSC) [Ianelli et al., 2021].

При описании биологии минтая использованы данные более 496 тыс. промеров длины тела, свыше 11 тыс. биологических анализов (полных или только со вскрытием). Для размерно-весовой характеристики у рыб измеряли длину тела по Смитту (*FL*) с точностью до 1 см и определяли общую массу тела. В большинстве рейсов минтая взвешивали на электронных весах Marel («Marel», Исландия), предназначенных для работы в условиях морской качки, с погрешностью 0,1 г. Возраст минтая определяли по отолитам в лабораторных условиях с использованием метода «break and burn», широко применяемого в исследованиях тресковых рыб [Chilton, Beamish, 1982; Буслов, 2005]. В ряде случаев при отсутствии фактических данных по возрасту минтая возрастной состав определяли посредством пересчёта массовых промеров рыб с применением размерно-возрастного ключа или использовали информацию других исследователей [Варкентин и др., 2021; Ianelli et al., 2021].

В работе также задействованы материалы по биомассам и вылову существующих группировок минтая Берингова моря из различных источников [Датский и др., 2021; Ianelli et al., 2021]. Для корректного сопоставления биомасса рыб из юго-восточной части моря пересчитана с учётом коэффициентов уловистости тралов: для молоди — 0,1; для взрослых рыб — 0,4 [Макрофана..., 2012]. Распределение уловов минтая по данным

¹ Сведения об улове рыбы и добыче других водных биоресурсов за январь–декабрь 2021 года (нарастающим итогом) (форма 1П-рыба). 2022. 134 с. <https://fish.gov.ru/wp-content/uploads/2022/05/svedeniya-ob-ulove-za-yanvar-dekabr-2021.pdf>.

траловых научных орудий лова проводили в программе «Surfer».

Общие допустимые уловы (ОДУ) минтая в западной части Берингова моря взяты из распоряжений Правительства РФ (2000–2005 гг.), приказов Министерства сельского хозяйства РФ (2006, 2007, 2013–2021 гг.), Государственного комитета РФ по рыболовству (2008 г.) и Федерального агентства по рыболовству (2009–2012 гг.). Данные по уровню допустимого изъятия вида в восточной части моря – Total Available Catch (TAC), аналогу ОДУ, были импортированы из работы Ianelli с соавторами [Ianelli et al., 2021].

Вылов минтая в биостатистических районах российской части Берингова моря анализировали по материалам оперативной информации о промысле по данным суточных судовых донесений отраслевой системы мониторинга (ОСМ). Для доступа и первичной обработки использовали программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015]. По восточной части моря данные по уловам взяты из работы Ianelli с соавторами [Ianelli et al., 2021].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Распределение. Являясь экологически пластичным видом, минтай широко распространён в пределах даль-

невосточных морей и прилегающих к ним акваториях Тихого океана. Он образует промысловые скопления как в южном Японском море, так и в арктическом Чукотском море, причём, массовое появление этой тресковой рыбы в восточном секторе Арктики явилось следствием общего климатического потепления 2010-х гг. [Плотников и др., 2020; Baker et al., 2020; Danielson et al., 2020; Siddon et al., 2020; Датская, Датский, 2021; Датский и др., 2022]. Распространение минтая в пределах ареала приурочено к определённым морским акваториям, где он образует устойчивые по времени популяционные группировки различной численности. В качестве уточнения отметим, что популяционный статус вида и границы наиболее крупных группировок приведены с учётом существующих на настоящий момент времени знаний и в некотором роде условны (отсутствует генетическая идентификация), зачастую отражая границы промысловых районов (рис. 1).

В Беринговом море минтай имеет обширный ареал, обитая преимущественно в водах шельфа и материкового склона в пределах глубин 20–600 м [Серобаба, 1977; Фадеев, 1986, 1991; Шунтов и др., 1993]. Скопления вида здесь образованы одной крупной и двумя менее численными группировками минтая: восточ-

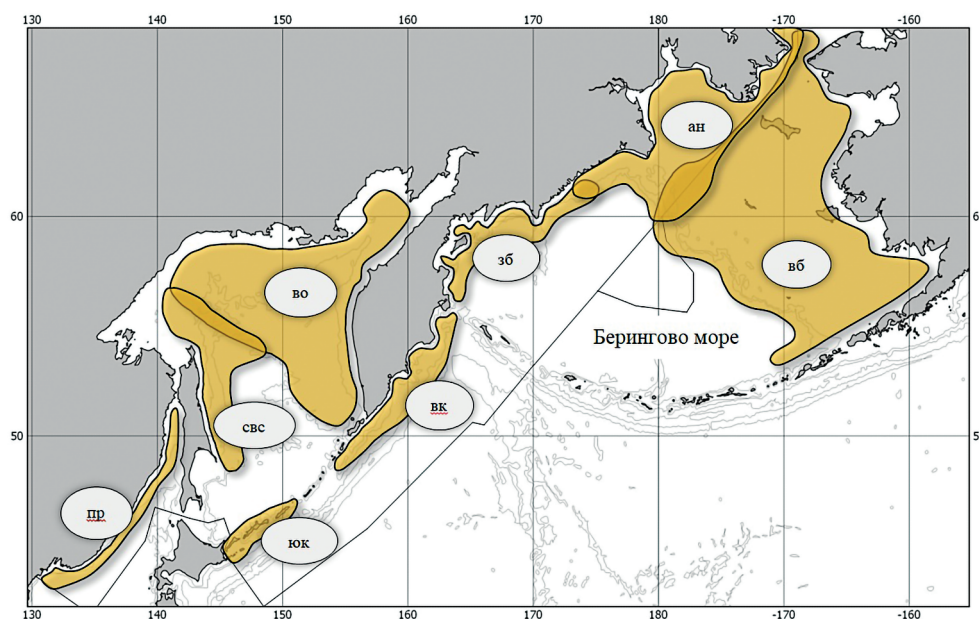


Рис. 1. Карта-схема расположения основных популяций (группировок) минтая в дальневосточных морях, тихоокеанских водах Камчатки, северных и южных Курильских островов. Обозначения популяций (группировок) даны в порядке убывания среднееголетнего вылова за период с 2000 по 2021 гг.: вб – восточноберинговоморская, во – восточноохоотоморская, ан – анадырско-наваринская, вк – восточнокамчатская, зб – западноберинговоморская, свс – северо-восточносахалинская, юк – южнокурильская, пр – приморская

Fig. 1. Map of the location of the main groups (stock units) of walleye pollock in the Far Eastern seas, Pacific waters of Kamchatka, the northern and southern Kuril Islands. The designations of populations (groups) are given in descending order of the average long-term catch for the period from 2000 to 2021: вб – East Bering sea (catches in the US zone), во – East Okhotsk sea, ан – Anadyr-Navarinsky, вк – East Kamchatka, зб – West Bering sea, свс – northeastern Sakhalin, юк – South Kuril, пр – Primorsky

но-, западно- и североберинговоморской (анадырско-наваринской), рыбы которых смешиваются в северо-западной части моря в период нагульных миграций [Шунтов и др., 1993; Степаненко, 1997, 2003; Датский, Андронов, 2007]. Центры воспроизводства этих группировок пространственно изолированы и расположены на большом расстоянии друг от друга. Зимне-весенний нерест западноберинговоморского минтая происходит в Олюторском заливе и смежных водах [Качина, Балыкин, 1981; Булатов, 1986; Фадеев, 1986; Балыкин, Максименко, 1990; Шунтов и др., 1993], анадырско-наваринского – вдоль внешнего шельфа и материкового склона наваринско-матвеевского района и на севере Анадырского залива [Балыкин, Варкентин, 2002; Глубоков, Норвилло, 2002; Датский, 2004], восточноберинговоморского – на шельфе и свале глубин к востоку от островов Прибылова, у Алеутских островов (Унимак, Богослов и др.) [Сербобаба, 1974; Фадеев, 1986; Булатов, 1987; Шунтов и др., 1993]. Кроме того, в Беринговом море некоторыми авторами признается популяционная самостоятельность командорского и алеутского минтая, но эти группировки малочисленны [Шунтов и др., 1993].

В восточной части Берингова моря минтай формирует наибольшие скопления между о-вами Прибылова

и Унимак. В этой акватории в зимне-весенний период рыбы традиционно концентрируются в период зимовальных и пред- и нерестовых миграций, смещаясь летом-осенью на нагул северо-западнее в район о-ва Св. Лаврентия и в присваловые участки Наваринского каньона и на шельф вдоль разделительной линии России и США [Шунтов и др., 1993; Степаненко, 1997; Ianelli et al., 2021]. В тёплые годы минтай в рамках адаптации к меняющимся условиям среды и в поисках доступной кормовой базы мигрирует севернее. К примеру, климатические изменения в 2000–2010-х гг. (особенно значительные в 2017–2019 гг.) привели к перераспределению восточноберинговоморской группировки рыб: её более низкая численность по сравнению с историческими средними показателями отмечена в южных районах шельфа Берингова моря с одновременным увеличением численности половозрелых особей на севере моря [Eisner et al., 2020; Baker, 2021].

В западной части Берингова моря минтай образует наибольшие концентрации в Олюторском и Карагинском заливах, у корякского побережья по направлению к м. Наварин между 175° в. д.– 179° з. д., а также в южной части Анадырского залива (рис. 2). В юго-западной части моря скопления вида сформированы

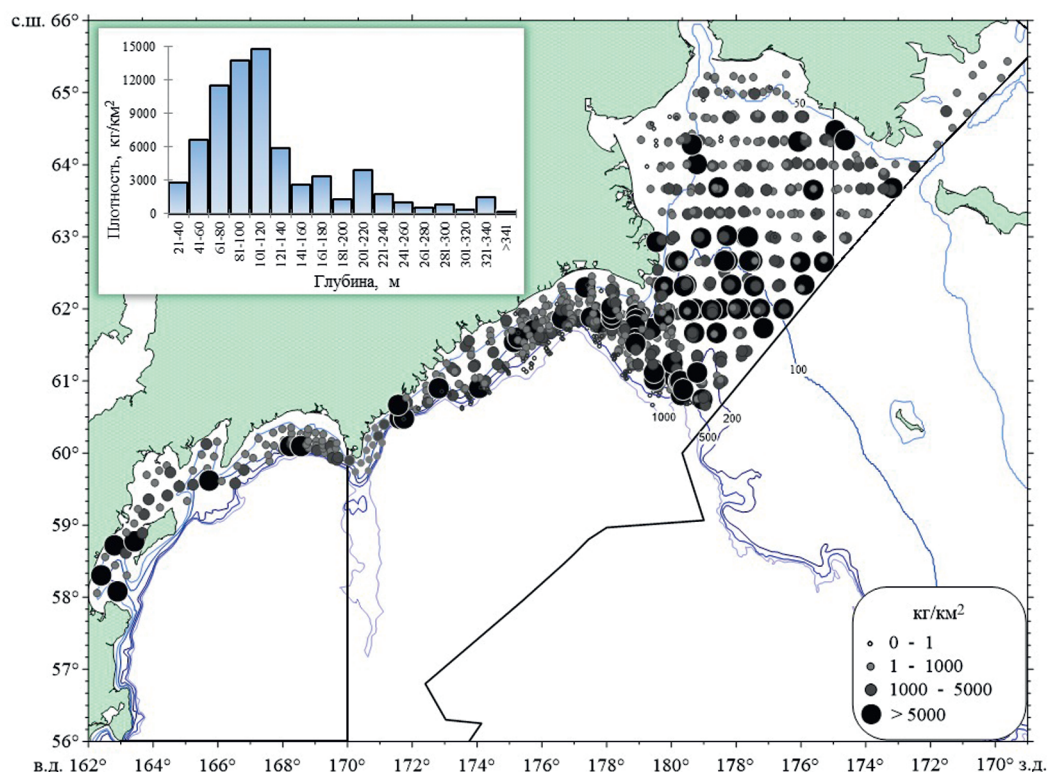


Рис. 2. Пространственное и батиметрическое распределение плотности (кг/км²) минтая в западной части Берингова моря в июле-ноябре по данным донных траловых съёмок 1996, 1999, 2001, 2002, 2015 и 2019 гг.

Fig. 2. Spatial and bathymetric density distribution (kg/km²) of walleye pollock in the western part of the Bering Sea in the summer-autumn period according to bottom trawl surveys in 1996, 1999, 2001, 2002, 2015 and 2019

рыбами западноберингоморской популяции, часть которых в годы высокой численности (1975–1995 гг.) мигрирует в период нагула в глубоководные районы моря и к северу до 180° , отмечаясь в период низкого и среднего уровня запасов в основном севернее м. Олюторский до $174\text{--}176^\circ$ в. д. [Степаненко, Николаев, 2004; Балыкин, 2006]. В остальной акватории северо-

западной части Берингова моря летом-осенью нагуливается минтай смешанных скоплений восточноберингоморской и местной анадырско-наваринской группировок. Масштабы нереста этих группировок, ежегодные с мая по сентябрь значимые нагульные миграции молоди и в меньшей степени – половозрелых особей из юго-восточной части моря в северо-западную, а так-

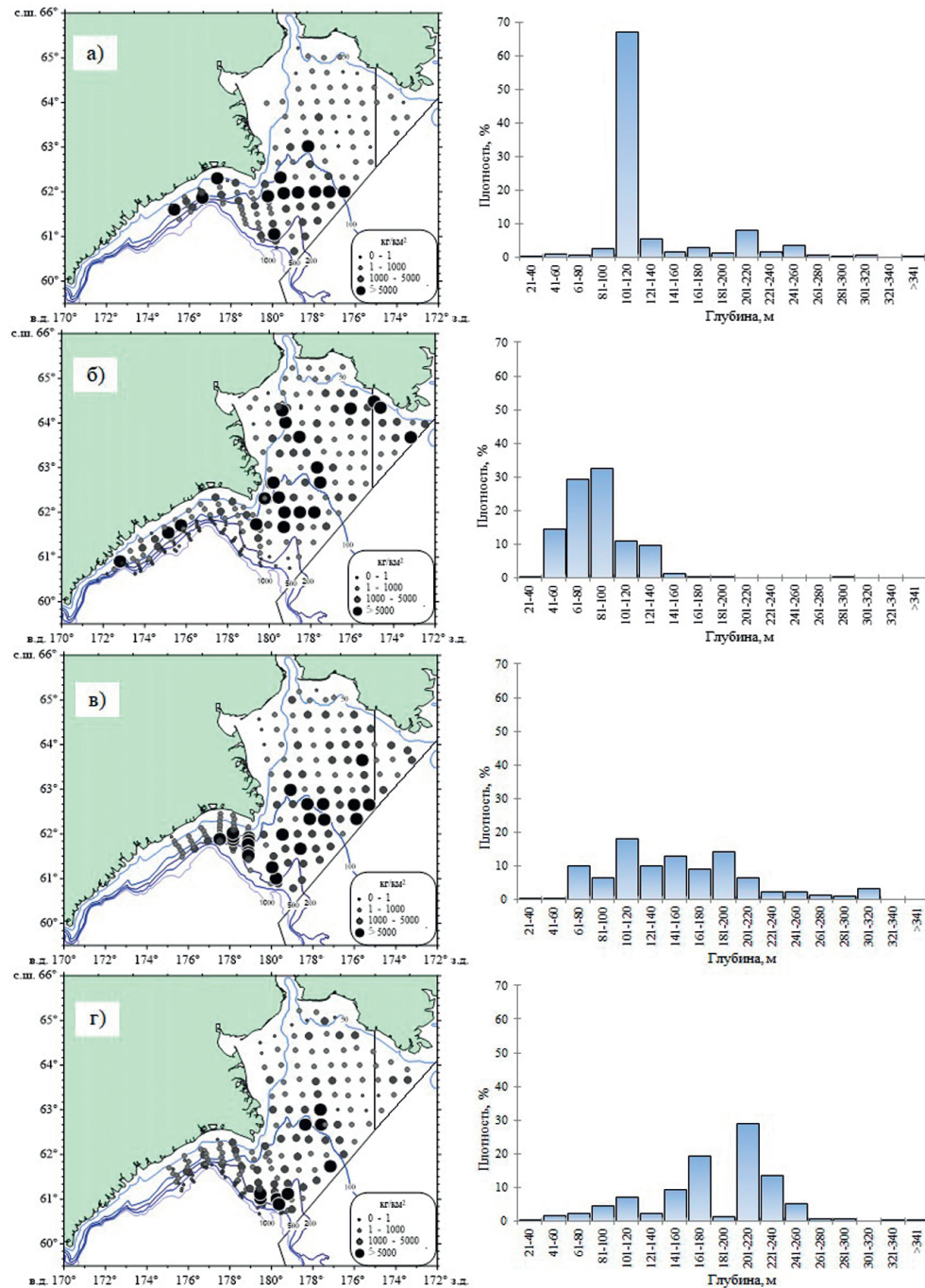


Рис. 3. Пространственное (кг/км²) и батиметрическое (%) распределение плотности минтая в северо-западной части Берингова моря в июле (а), августе (б), сентябре-октябре (в) и октябре-ноябре (г)

Fig. 3. Spatial (kg/km²) and bathymetric (%) distribution of walleye pollock density in the northwestern part of the Bering Sea in July (a), August (б), September-October (в) and October-November (г)

же распределение биомассы рыб по акватории моря свидетельствуют о важной роли восточноберингово-морской популяции на северо-западе Берингова моря [Шунтов и др., 1993; Грицай, 2008]. Отметим также, что, несмотря на значительную батиметрическую встречаемость минтая, его наибольшие скопления в теплый период года приурочены к шельфовым глубинам 40–140 м.

Пространственное и батиметрическое распределение минтая с весны по начало зимы существенно различается (рис. 3). Начало сезонных миграций вида в северо-западную часть Берингова моря отмечается появлением скоплений рыб в присваловых участках Наваринского каньона и шельфе у разделительной линии. Перемещения минтая происходят массово в мае-июне с прилегающих нагульных участков и нерестилищ и в августе-сентябре с более дальних юго-восточных репродуктивных центров. В большей степени такие миграции свойственны неполовозрелому минтаю (менее 37 см). Половозрелые особи (за исключением сверхкрупных рыб), помимо шельфа, осваивают и глубоководные участки моря. Широкому распространению минтая в северо-западной части моря в июне-июле может препятствовать существование своеобразного «барьера» холодных вод в Анадырском заливе [Датский, Андронов, 2007].

Под воздействием тёплого Наваринского течения, способствующего размыванию холодных зимних пятен в заливе и накоплению планктона за счёт его сноса со смежных акваторий [Хен, 1989; Шунтов, 2001], минтай распределяется на глубины менее 140 м. С июля по сентябрь его скопления наблюдаются по всему Анадырскому заливу и у корякского побережья. В условиях вертикальной стратификации вод минтай активно перемещается в пределах оптимальных температур 0,5–3,5 °C. В октябре-ноябре этот умеренно-

холодноводный вид начинает избегать районов значительного зимнего охлаждения и массово смещается южнее и на большие глубины. Часть рыб, преимущественно неполовозрелые и старшевозрастные особи, остается на шельфе с глубинами менее 180 м, а среднеразмерный минтай длиной 31–50 см мигрирует в воды материкового склона с изобатами более 200 м (рис. 3 г).

Особенности биологии. В пределах своего ареала минтай достигает длины 91 см, массы 5,2 кг и возраста 28 лет [Eschmeyer et al., 1983; Munk, 2001; Датский, 2016]. Данный вид тресковых рыб формирует промысловые скопления на шельфе и в верхней части материкового склона, при этом особи длиной более 35 см и старше 3 лет являются объектами специализированного промысла (пелагические, разноглубинные тралы, снюрреводы) и прилова (донные тралы, яруса, жаберные сети).

На всей акватории Берингова моря, включая американские воды, перечисленными выше орудиями лова облавливаются минтай длиной 5–83 см в возрасте 0+–16+ с преобладанием 4–9-летних особей размером 35–60 см (рис. 4). В научных съёмках (а в данном случае применяют только разноглубинные и донные тралы) рыбы имеют меньшие размер и возраст за счёт использования в кутцевой части тралов мелкочаистой дели с ячейей 10 мм для учёта молоди (длиной менее 30 см в возрасте 0+–2+). В промысловых уловах отмечается повышенное присутствие старшевозрастного минтая благодаря конструктивным особенностям снюрреводов, ярусов и жаберных сетей.

Имеющиеся материалы по размерно-возрастному составу минтая из научных и промысловых тралов показывают выборочную селективность промысловых орудий лова. Разноглубинными тралами в пределах Берингова моря изымаются преимущественно

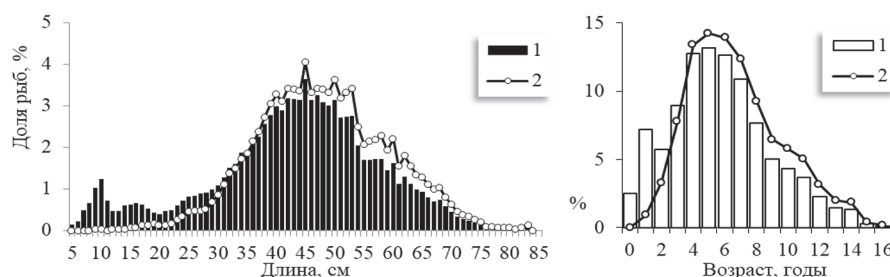


Рис. 4. Размерный и возрастной состав минтая в Беринговом море в орудиях лова, используемых в научных съёмках и на промысле (1, $FL_{cp.} = 43,0$ см; $t_{cp.} = 5,8$ года; $n = 496101$ экз.), только на промысле (2, $FL_{cp.} = 47,9$ см; $t_{cp.} = 6,7$ года; $n = 266426$ экз.) по материалам 1995–2021 гг.

Fig. 4. Size and age composition of walleye pollock in the Bering Sea in fishing gear used in scientific surveys and in the fishery (1, $FL_{av.} = 43,0$ cm; $t_{av.} = 5,8$ years; $n = 496101$ ind.), only in the fishery (2, $FL_{av.} = 47,9$ cm; $t_{av.} = 6,7$ years; $n = 266426$ ind.) based on materials from 1995–2021

рыбы длиной 30–52 см (81,6% всех рыб) в возрасте 2+–8+. При этом в различных акваториях моря основу промысла представляют особи с отличными друг от друга модальными группами. Так, в юго-восточной части моря около 70% всех траловых уловов приходится на рыб размером 36–54 см и возрастом 5–8 лет, в северо-западной — 30–42 см и 3–6 лет, в юго-западной — 36–50 см и 4–8 лет. Наибольшая встречаемость сеголеток отмечена в юго-западной части Бе-

рингова моря (практически при отсутствии таковых на юго-востоке), годовиков — в северо-западной акватории (рис. 5). Существующее распределение минтая в уловах вполне объяснимо, если принимать во внимание обширный шельф с прилегающими к нему участками материкового склона восточной и северо-западной части моря, в пределах которого происходят сезонные миграции молоди и среднеразмерных рыб преимущественно в возрасте 3–6 лет. С юго-вос-

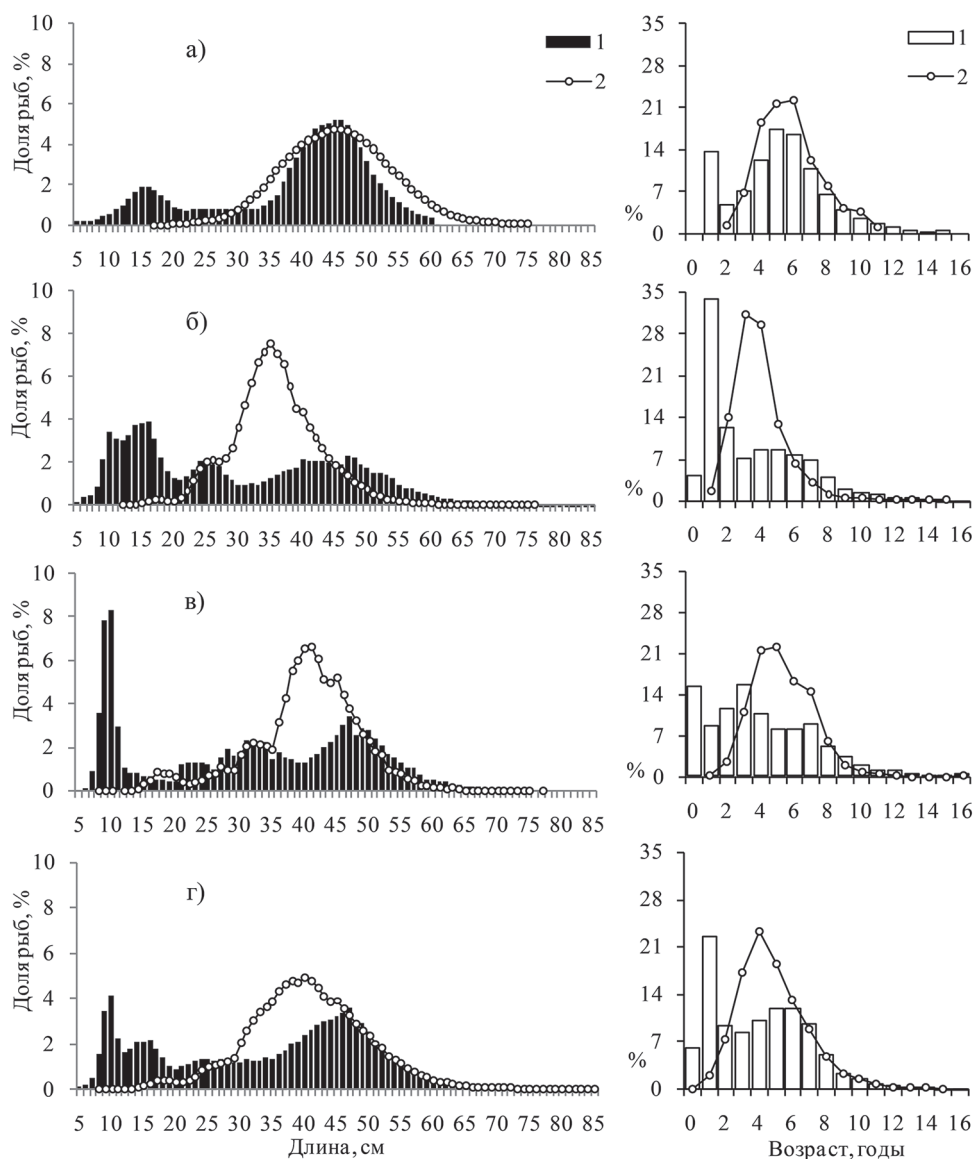


Рис. 5. Размерный и возрастной состав минтая в юго-восточной (а, $FL_{ср.} = 43,2$ см; $t_{ср.} = 5,5$ года; $n = 9077$ экз.), северо-западной (б, $FL_{ср.} = 33,8$ см; $t_{ср.} = 3,7$ года; $n = 317314$ экз.), юго-западной (в, $FL_{ср.} = 36,5$ см; $t_{ср.} = 4,3$ года; $n = 58607$ экз.) акваториях Берингова моря, а также по всему морю в целом (г, $FL_{ср.} = 37,1$ см; $t_{ср.} = 4,4$ года; $n = 384998$ экз.) в донных научных (1) и пелагических промысловых (2) траловых уловах по материалам 1995–2021 гг.

Fig. 5. Size and age composition of walleye pollock in the southeastern (a, $FL_{av.} = 43,2$ cm; $t_{av.} = 5,5$ years; $n = 9077$ ind.), northwestern (б, $FL_{av.} = 33,8$ cm; $t_{av.} = 3,7$ years; $n = 317314$ ind.), southwestern (в, $FL_{av.} = 36,5$ cm; $t_{av.} = 4,3$ years; $n = 58607$ ind.) water areas of the Bering Sea, as well as throughout the sea as a whole (г, $FL_{av.} = 37,1$ cm; $t_{av.} = 4,4$ years; $n = 384998$ ind.) in bottom scientific (1) and pelagic commercial (2) trawl catches based on materials from 1995–2021

тока часть минтая восточноберинговоморской популяции смещается в поисках корма в северо-западном направлении и, смешиваясь с рыбами анадырско-наваринской группировки, оказывает значительное влияние на размерно-возрастной состав присутствующих здесь рыб. Перераспределение минтая в течение сезона в целом характерно для рыб северо-западной акватории моря и ранее отмечалось другими авторами [Шунтов и др., 1993; Грицай, 2006]. Западноберинговоморская группировка на современном этапе находится на относительно низком уровне запасов, в основном, локализована в юго-западной части моря, и вследствие этого имеет отличающиеся

от других группировок размерно-возрастные характеристики.

В северо-западной части Берингова моря в летне-осенний период минтая облавливают преимущественно тралово-снюрреводными орудиями лова, в незначительных объемах он также встречается в уловах донных ярусов и жаберных сетей в ходе промысла трески, палтусов и макрурусов [Датский, 2019]. В пелагических и донных тралах длина рыб варьирует в пределах 12–76 см, в снюрреводах – 12–84 см, жаберных сетях и ярусах – соответственно, 42–69 и 41–83 см (рис. 6). При этом масса рыб в донных тралениях изменяется от 0,02 до 2,40 кг, в пелаги-

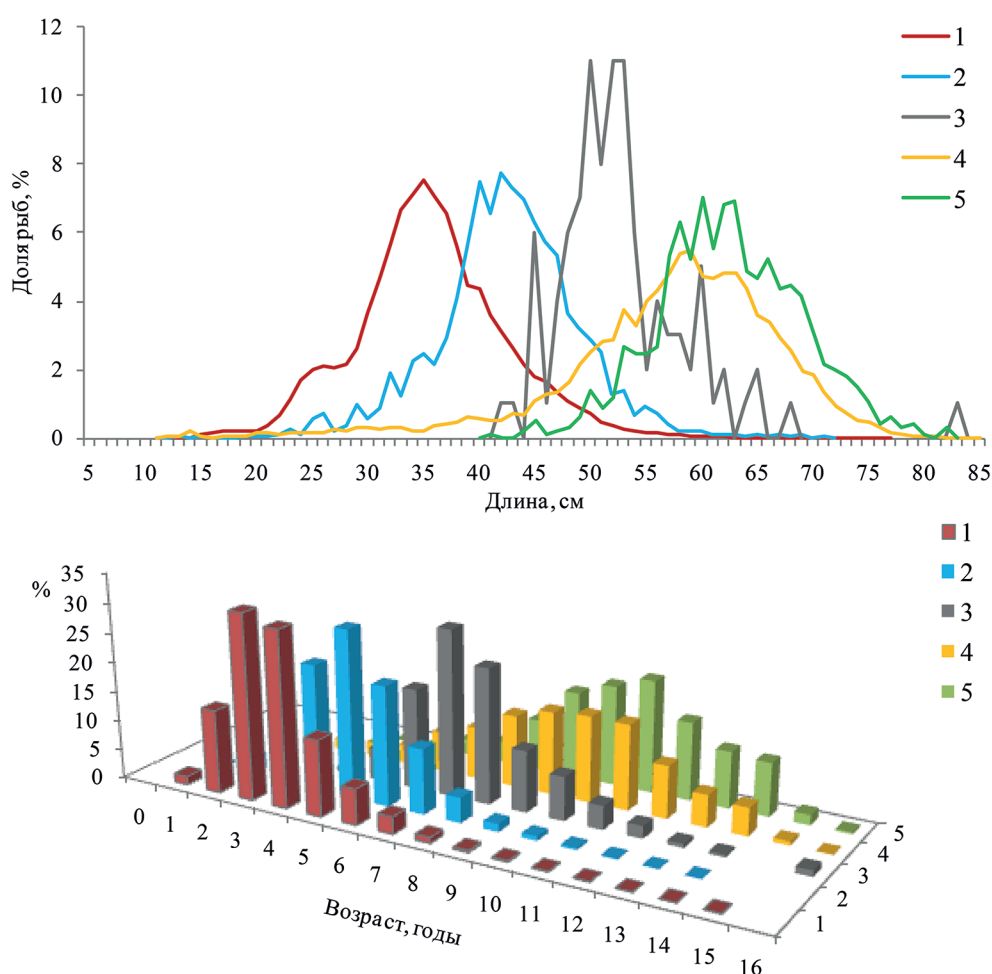


Рис. 6. Размерный и возрастной состав минтая в северо-западной части Берингова моря из разных промысловых орудий лова по материалам 1995–2021 гг. 1 – пелагический (разноглубинный) трал ($FL_{ср.} = 35,7$ см; $t_{ср.} = 3,8$ года; $n = 195268$ экз.), 2 – донный трал ($FL_{ср.} = 42,5$ см; $t_{ср.} = 5,2$ года; $n = 5870$ экз.), 3 – донные жаберные сети ($FL_{ср.} = 52,8$ см; $t_{ср.} = 7,8$ года; $n = 100$ экз.), 4 – снюрревод ($FL_{ср.} = 57,2$ см; $t_{ср.} = 9,2$ года; $n = 22567$ экз.), 5 – донный ярус ($FL_{ср.} = 62,4$ см; $t_{ср.} = 10,6$ года; $n = 1014$ экз.)

Fig. 6. Size and age composition of walleye pollock in the northwestern part of the Bering Sea from different commercial fishing gear based on materials from 1995–2021. 1 – pelagic (mid-depth) trawl ($FL_{av.} = 35,7$ cm; $t_{av.} = 3,8$ years; $n = 195268$ ind.), 2 – bottom trawl ($FL_{av.} = 42,5$ cm; $t_{av.} = 5,2$ years; $n = 5870$ ind.), 3 – bottom gill nets ($FL_{av.} = 52,8$ cm; $t_{av.} = 7,8$ years; $n = 100$ ind.), 4 – snurrevod ($FL_{av.} = 57,2$ cm; $t_{av.} = 9,2$ years; $n = 22567$ ind.), 5 – bottom layer ($FL_{av.} = 62,4$ cm; $t_{av.} = 10,6$ years; $n = 1014$ ind.)

ческих — от 0,05 до 1,30 кг. В снюрреводе, донном орудии лова, применяемого в прибрежных водах на скоплениях старшевозрастного минтая, масса значительно больше — 0,15–5,20 кг [Датский, 2004, 2016; Датский, Андронов, 2007]. У рыб из ярусов и жаберных сетей в придонных горизонтах на глубинах 30–100 и 270–320 м масса тела находилась в пределах, соответственно, 0,48–3,80 и 0,37–1,90 кг.

Несмотря на сходные предельные размеры минтая, его модальные группы в используемых на промысле орудиях лова существенно отличаются. При пелагических тралениях основу вылова составляют рыбы длиной 30–42 см (69,9%) и возраста 3+–5+ (73,9%), в донных уловах — 37–51 см (78,3%) и 4+–6+ (70,0%). В уловах жаберных сетей, снюрреводов и ярусов преобладают более крупные особи: 45–60 см (90,0%), 6+–9+ (78,3%); 50–68 см (75,3%),

7+–12+ (73,0%) и 57–69 см (70,7%), 9+–12+ (63,9%), соответственно. В целом доля минтая в уловах размером более 50 см, а это в основном особи в возрасте 7+ и более [Датский, Андронов, 2007], изменяется следующим образом. В пелагических и донных тралах она, как правило, не превышает 2,1 и 9,2%, возрастая в сетях, снюрреводах и ярусах, соответственно, до 63,0; 81,4 и 96,6% (рис. 6). Эти особенности подтверждаются и материалами Балыкина [2006], согласно которым трал улавливает наиболее мелких и молодых рыб, а снюрревод, донные сети и ярус — более крупного минтая. Сходные закономерности видны и по данным таблицы.

В юго-западной части Берингова моря, вследствие низких запасов и соответствующих небольших объёмов ОДУ, минтай в последние годы (2016–2019 гг.) встречается, в основном, в качестве прилова при про-

Таблица. Длина, масса и соотношение полов у минтая из уловов в северо-западной части Берингова моря
Table. Length, weight, and sex ratio of walleye pollock from catches in the northwestern part of the Bering Sea

Сроки работ (месяц, год)	Число рыб, экз.	Длина (FL), см			Масса, кг			Соотношение самки: самцы
		самки	самцы	оба пола	самки	самцы	оба пола	
Разноглубинный (пелагический) трал, ячея в кутце 30–110 мм								
07–09.1996	300	41,6	40,8	41,3	0,539	0,488	0,509	1,2: 1,0
07–09.1997	252	34,1	34,8	34,5	0,295	0,344	0,315	1,1: 1,0
06–08.2014	1091	43,4	40,4	42,1	0,572	0,455	0,521	1,3: 1,0
09–10.2021	716	35,2	34,2	34,4	0,426	0,394	0,401	1,1: 1,0
Донный трал, ячея в кутце 10–12 мм								
09.1996	80	45,6	40,9	43,8	0,989	0,797	0,925	1,7: 1,0
08–09.1999	569	42,9	35,2	40,0	0,788	0,458	0,664	1,7: 1,0
09–10.2001	192	41,0	36,0	38,0	0,752	0,530	0,643	1,1: 1,0
08.2002	461	42,1	38,3	40,4	0,844	0,583	0,725	1,2: 1,0
10–11.2004	2739	38,0	37,3	37,8	0,325	0,236	0,283	1,0: 1,0
08–09.2005	921	44,0	42,4	43,2	-	-	0,427	1,0: 1,0
Донный трал, ячея в кутце 110 мм								
04.2021	83	49,5	45,4	46,7	0,612	0,558	0,591	4,2: 1,0
Снюрревод, ячея 35–40 мм								
08–09.1997	900	53,7	52,2	53,1	1,136	1,038	1,095	1,6: 1,0
08–09.1998	650	59,5	56,8	58,8	1,456	1,286	1,414	1,9: 1,0
07–09.1999	450	62,1	59,1	61,2	1,558	1,377	1,507	2,3: 1,0
07–08.2000	500	62,8	59,0	61,5	2,034	1,730	1,942	2,3: 1,0
09.2004	50	60,9	57,8	60,1	1,658	1,457	1,609	2,8: 1,0
08–09.2005	296	57,0	53,1	55,8	1,363	1,069	1,270	2,1: 1,0
Донный ярус, крючки № 13–14								
07–09.1997	67	60,9	58,9	60,3	1,618	1,387	1,546	2,2: 1,0
06–07.2015	221	65,0	55,2	63,9	-	-	-	8,4: 1,0
Донные жаберные сети, ячея 115 мм								
07.1997	100	53,6	50,9	52,8	0,992	0,881	0,961	1,9: 1,0

мысле сельди пелагическими тралами, донных видов рыб – снюрреводами и донными тралами [Варкентин и др., 2021]. В уловах пелагических тралов отмечаются рыбы длиной 8–77 см, с доминирующей группой 36–50 см (69,5%), в возрасте 4+–7+ (74,5%) (рис. 7). В донных тралах наблюдается более крупный минтай: его размеры изменяются от 41 до 81 см при преобладании особей длиной 39–55 см (84,7%) и возраста 4+–8+ (87,1%). Снюрреводные орудия лова охватывают рыб длиной 8–83 см, преобладающие группы примерно те же, что и в донном трале: особи размером 36–56 см (72,1%) имели возраст 5–9 лет (68,8%).

В целом в западной части Берингова моря минтай, облавливаемый у дна или на некотором удалении от него, имеет несколько большие размеры, нежели рыбы из пелагических орудий лова, что вполне объяснимо, если исходить из экологии данного вида.

Особь среднего и старшего возрастов нагуливаются преимущественно в придонных горизонтах, тогда как младшевозрастные рыбы совершают постоянные вертикальные миграции, зависящие от их физиологического состояния и окружающей среды, в т. ч. и от перемещения зоопланктона [Серобаба, 1974; Фадеев, 1986; Шунтов и др., 1993; Грицай, 2006; Кузнецов и др., 2013]. Последние при условии их высокой численности обнаруживаются в виде повышенной биомассы в пелагиали и по мере роста переходят к обитанию у дна. К примеру, такие особенности отмечены в 2010, 2015 и 2018 гг., когда обильные в эти годы рыбы младших возрастов проявили себя пиковыми значениями биомасс уже в придонных скоплениях соответственно в 2012, 2017 и 2020 гг., т. е. спустя два года (рис. 8).

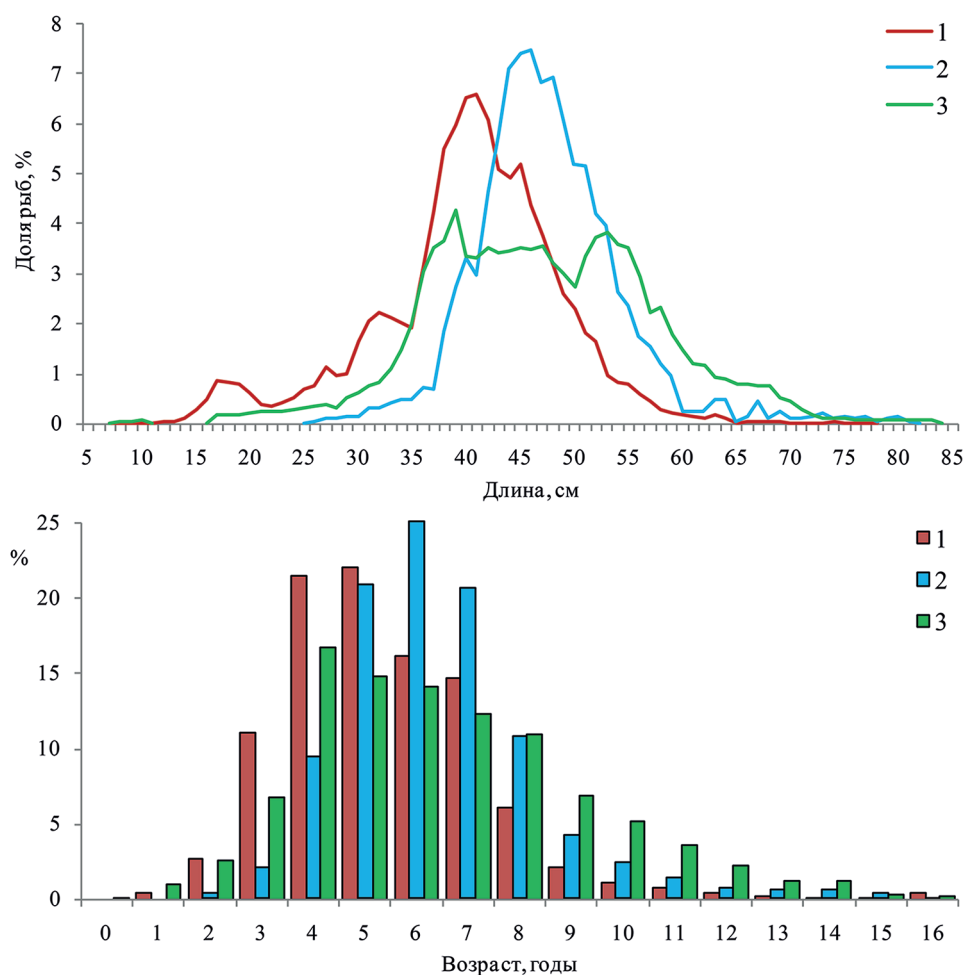


Рис. 7. Размерный и возрастной состав минтая в юго-западной части Берингова моря из разных промысловых орудий лова по материалам 2003–2021 гг.: 1 – пелагический (разноглубинный) трал ($FL_{ср.} = 40,2$ см; $t_{ср.} = 5,4$ года; $n = 30995$ экз.), 2 – донный трал ($FL_{ср.} = 47,6$ см; $t_{ср.} = 6,4$ года; $n = 2010$ экз.), 3 – снюрревод ($FL_{ср.} = 47,2$ см; $t_{ср.} = 6,5$ года; $n = 2512$ экз.)

Fig. 7. Size and age composition of walleye pollock in the southwestern part of the Bering Sea from different commercial fishing gear based on materials from 2003–2021: 1 – pelagic (mid-depth) trawl ($FL_{av.} = 40,2$ cm; $t_{av.} = 5,4$ years; $n = 30995$ ind.), 2 – bottom trawl ($FL_{av.} = 47,6$ cm; $t_{av.} = 6,4$ year; $n = 2010$ ind.), 3 – snurrevod ($FL_{av.} = 47,2$ cm; $t_{av.} = 6,5$ years; $n = 2512$ ind.)

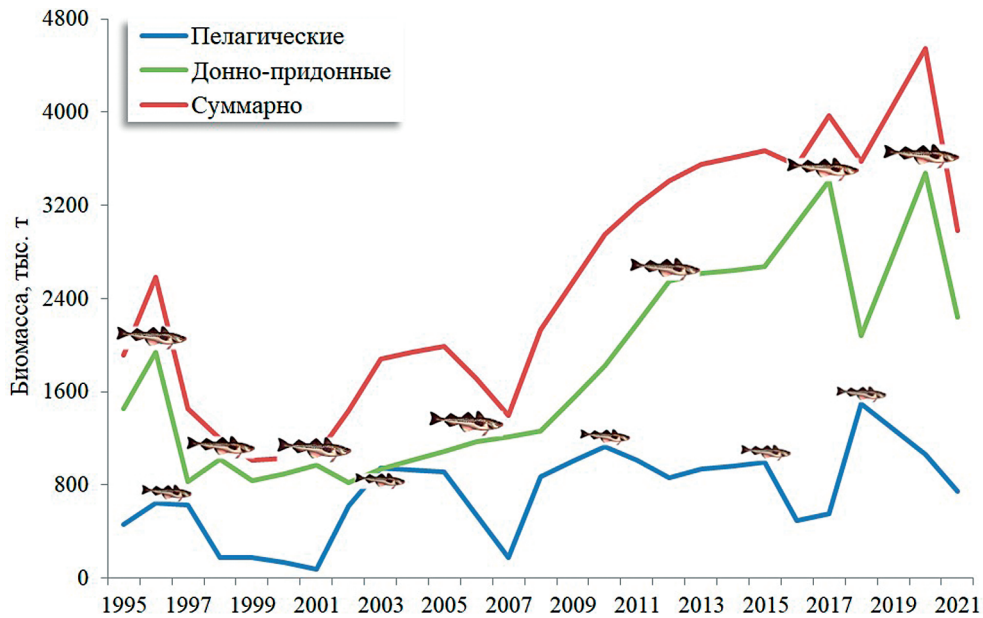


Рис. 8. Распределение биомассы (тыс. т) минтая в пелагиали, донно-придонных горизонтах и суммарно в северо-западной части Берингова моря в 1995–2021 г. (пояснения в тексте)

Fig. 8. Distribution of biomass (thousand tons) of walleye pollock in the pelagial, bottom-bottom horizons and in total in the northwestern part of the Bering Sea in 1995–2021 (explanations in the text)

Минтай обладает высоким темпом роста в первые месяцы жизни. В западной части Берингова моря за 6 месяцев его средняя длина и масса возрастают от 5,4 мм и 0,7 мг до 10,2 см и 10,0 г. В северо-западной части моря длина сеголеток варьирует в пределах от 4 до 15 см, по направлению к северу их средняя длина обычно меньше на 2–3 см [Балыкин, Бонк, 1987; Балыкин, Максименко, 1990; Фадеев, 1991; Шунтов и др., 1993]. В среднем, в возрастных группах разница между минимальным и максимальным значением длины составляет 9–11 см, достигая 18 и 16 см среди 4- и 12-годовиков. Ещё большие изменения в пределах одного возраста выявлены по массе тела, причём, с возрастом разница между крайними значениями увеличивается. Если у неполовозрелых особей она не превышает 250–450 г, то у 13-годовалых рыб достигает 2000 г [Датский, Андронов, 2007].

Рост минтая в северо-западной части Берингова моря в течение жизни неравномерен и во многом зависит от физиологического состояния и спектра питания. Наибольшие приросты длины тела рыб приходятся на первые два года жизни. Переход на питание креветками и рыбой и начало полового созревания формируют ещё один пик роста на 4-м году при длине 35 см и более [Качина, Савичева, 1987; Шунтов и др., 2000]. В этом же возрасте выявлено увеличение прироста и у западноберинговоморского минтая [Балыкин, Максименко, 1990]. В последующие годы темпы линейного и весового роста снижаются и достига-

ют минимума на 7-м году, что связано с периодом полового созревания, когда значительная часть энергии расходуется не на рост, как в первые три года жизни, а на созревание половых продуктов [Зверькова, 1972; Никольский, 1974]. В возрасте 8–9 лет спектр питания минтая значительно меняется, он переходит на преимущественное потребление рыбных объектов, включая собственную молодь, что, несомненно, способствует увеличению ежегодного прироста длины и массы. При приближении к предельному возрасту все функции организма данного вида работают для того, чтобы поддерживать необходимый обмен веществ. В этом случае темп линейного роста замедляется, а прирост массы, наоборот, увеличивается. Сходный линейный и весовой рост наблюдается у минтая из уловов снюрревода и яруса [Датский, 2016].

Необходимо отметить, что темп роста отдельных поколений минтая во многом зависит от их численности. Рыбы урожайных поколений обычно растут медленнее и, как правило, не достигают среднемноголетних величин параметров тела [Антонов, 1991; Фадеев, Грицай, 1999]. Можно предположить, что в данном случае сказывается фактор плотности, когда кормовая обеспеченность недостаточна из-за высокой численности особей. Подобная зависимость наглядно продемонстрирована для сеголеток [Шунтов и др., 1993]. Помимо фактора плотности, отмечено и влияние температуры на рост минтая [Соболевский и др., 1991]. К примеру, наибольшие средние размеры сеголеток

выявлены в тёплом 1997 г., наименьшие — в холодном 1999 г. Сходная закономерность наблюдается и в темпах линейного роста 1–3-годовиков [Кузнецов и др., 2004; Датский, Андронов, 2007].

Важной характеристикой для промысла является возраст начала полового созревания минтая. Известно, что 50%-ное созревание минтая в западной части Берингова моря происходит при достижении особой длины 40–43 см [Балыкин, Максименко, 1990; Балыкин, 2006], мигрантов из восточной части Берингова моря — 30–34 см [Фадеев, 1986; Шунтов и др., 1993]. Самцы развиваются несколько раньше и примерно до 40 см имеют большие размеры, чем самки того же возраста. С возрастом самки, наоборот, становятся крупнее самцов, среди старших возрастных групп они преобладают (таблица), что свойственно минтаю в целом [Антонов, 1991; Шунтов и др., 1993; Датский, 2016].

Динамика запасов. Региональные особенности исследуемых акваторий северо-западной части Тихого океана вследствие различающихся условий обитания гидробионтов в них способствуют тому, что общая динамика обилия минтая не отражает флюктуации численности отдельных группировок морских рыб (рис. 1). Так, в 1970-е гг. наблюдались довольно высокие биомассы западноберингоморской и восточнокамчатской популяций минтая, рыб у северо-восточного Сахалина и Приморья. В 1980-е гг. наибольшие значения биомасс показали восточно-, западноберингоморская, южнокурильская и восточноохотоморская группировки, а также приморский минтай. Относительно высокая биомасса в 1990-е гг. была замечена только у минтая северо-восточной части Охотского и северо-западной части Берингова морей. С начала 2000-х гг. и по настоящий мо-

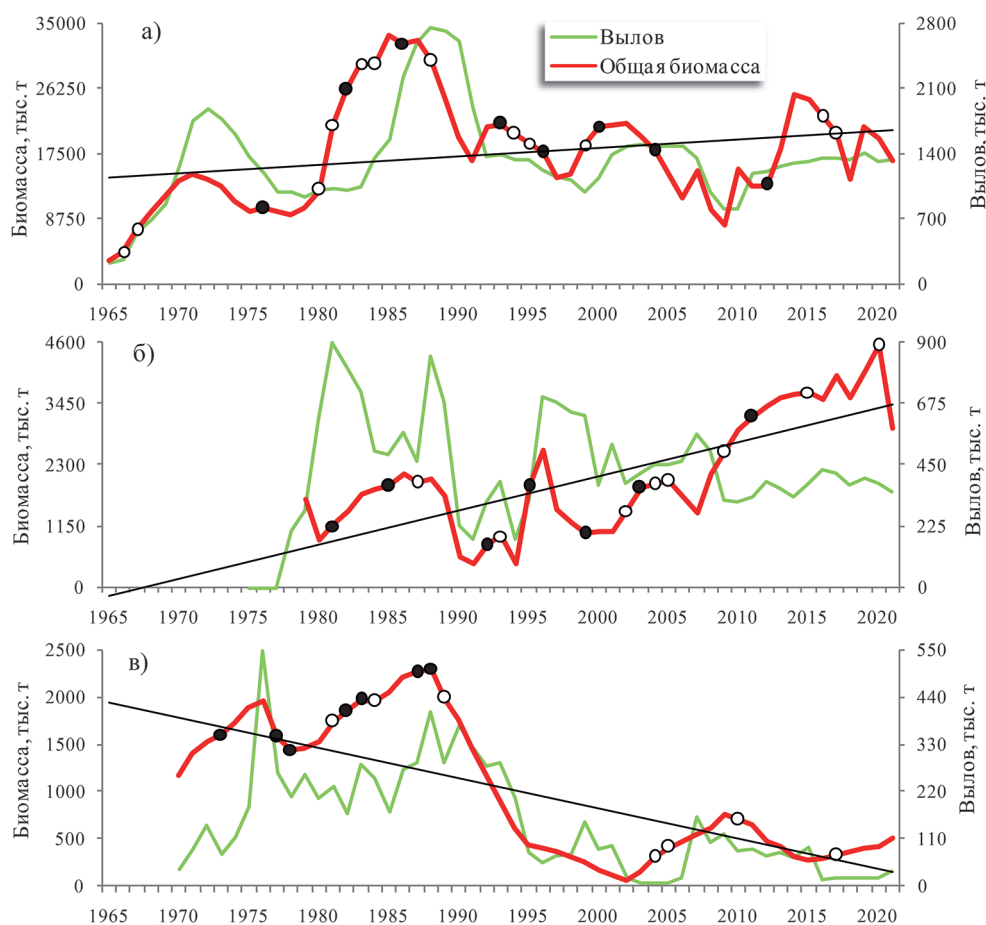


Рис. 9. Биомасса и вылов (тыс. т) группировок минтая в Беринговом море в 1965–2021 г.: а — восточноберингоморская, б — анадырско-наваринская, в — западноберингоморская (кружками (чёрные — суперурожайные, белые — урожайные) отмечено влияние на повышение биомассы рыб поколений высокой численности, прямыми линиями — тренды изменения биомассы)

Fig. 9. Biomass and catch (thousand tons) of walleye pollock populations in the Bering Sea in 1965–2021: а — East Bering Sea, б — Anadyr-Navarin, в — West Bering Sea (the circles (black — super-yielding, white — high-yielding) indicate the effect on the increase in fish biomass of generations of high abundance, straight lines — trends in biomass changes)

мент максимальная биомасса данного вида выявлена у анадырско-наваринской, восточнокамчатской и восточноохотоморской группировок, прочие популяции, за исключением рыб из восточной части Берингова моря, находятся на своём минимуме. В целом общий тренд на увеличение численности и биомассы за весь период наблюдений отмечается у восточноберингоморской, анадырско-наваринской, восточнокамчатской и восточноохотоморской группировок минтая, у прочих биомасса имеет тенденцию к снижению [Датский и др., 2021].

В Беринговом море наибольшие запасы минтая отмечены в 1980-е и 2010-е гг. (рис. 9) с максимальной локацией таких ресурсов в восточной части моря. По данным ряда специалистов, материалы которых сведены в работе Датского с соавторами (2021), для восточноберингоморской группировки минтая максимальная биомасса наблюдалась в 1982–1989, 1992, 1993, 2000–2003 и 2013–2017 гг. Основой таких максимумов были урожайные поколения 1976–1980, 1982, 1984, 1989–1992, 1995, 1996, 2000, 2008, 2012 и 2013 гг. рождения, приведшие впоследствии к росту биомассы вида в возрасте 4+. Минтай анадырско-наваринского района формировал наибольшие запасы в 1982–1989, 1995–1997, 2003–2005 и 2010–2020 гг. преимущественно за счёт генераций 1978, 1982, 1989, 1992, 1996, 1999–2002, 2006, 2008, 2012 и 2017 гг. Западноберингоморская группиров-

ка значимо выделялась по биомассе в 1974–1977, 1983–1989 и 2007–2011 гг. благодаря поколениям высокой численности 1969, 1973, 1974, 1977–1980, 1983–1985, 2001, 2002, 2006 и 2013 гг. У последней группировки отмечены повышенные уловы рыб 2020–2021 гг. рождения, однако такие данные необходимо подтвердить дальнейшими исследованиями.

Повышенная биомасса восточноберингоморской группировки минтая за период с 1964 по 2021 гг. фиксировалась в среднем через 10,8 года при предельных значениях от 8 до 14 лет, анадырско-наваринской – через 10,3 года (9–12), западноберингоморской – через 11,0 лет (9–13 лет). Среди основных факторов природной среды, оказывающих влияние на численность этих группировок, отмечаются поверхностная и придонная температура в районах их обитания, аномалии температуры воды в слое 50 м и у дна, ледовитость, а также обилие различных фракций зоопланктона [Датский и др., 2021].

На современном этапе ресурсы западноберингоморского минтая постепенно восстанавливаются [Варкентин и др., 2021], в 2021–2022 гг. отмечен рост общей биомассы этого запаса до 510 тыс. т (для сравнения в 2019 г. – 391 тыс. т). Остальные берингоморские группировки вида находятся на среднемноголетнем уровне биомасс, и их ежегодные изменения во многом зависят от фоновых условий природной среды и развития кормовой базы, обуславливающих

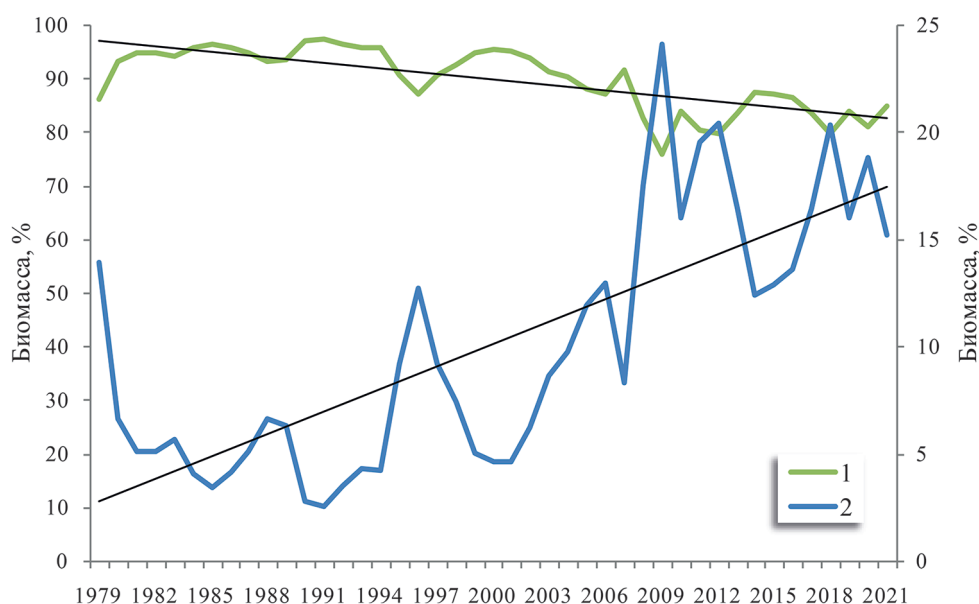


Рис. 10. Распределение относительной биомассы (%) минтая в юго-восточной (1, шкала слева) и северо-западной (2, шкала справа) акваториях Берингова моря в 1979–2021 г. Прямыми линиями показан тренд изменения биомассы

Fig. 10. Distribution of the relative biomass (%) of walleye pollock in the southeastern (1, scale on the left) and northwestern (2, scale on the right) water areas of the Bering Sea in 1979–2021. Straight lines show the trend of biomass change

масштабы миграций рыб из юго-восточной части Берингова моря в северо-западную и обратно. Данная тенденция наглядно продемонстрирована на рис. 10, когда с начала 1990-х гг. зарегистрировано увеличение доли относительной биомассы минтая на северо-западе моря, которая достигла наибольших значений в период с 2009 по 2021 гг. (в среднем 17,1% при изменениях по годам от 12,4 до 24,1%).

Промысел. Наибольшее значение для рыбодобывающего флота в российской акватории Берингова моря имеет минтай (около 72% от вылова всех водных биоресурсов). В отличие от Охотского моря, вылов здесь формируется исключительно на нагульной рыбе. Промысел этого вида тресковых рыб развился в 1960-е гг. и получил статус масштабного и специализированного в конце 1970-х гг. с вводом 200-мильных экономических зон прибрежных государств [Шунтов и др., 1993; Булатов, 2004; Балыкин, 2006; Шевченко, Датский, 2014]. Способствовало этому и значительное увеличение его биомассы как в целом в Беринговом море, так и отдельных его группировок в середине 1980-х гг. [Датский и др., 2021].

Основная промысловая нагрузка в западной части Берингова моря приходится на смешанные скопления мигрирующих из восточной части моря в северо-западную часть (к востоку от 174° в. д.) рыб восточноберингоморской популяции и обитающей здесь анадырско-наваринской группировки [Датский, Андронов, 2007]. В период наибольшей численности минтая (1984–1989 гг.) среднегодовая добыча минтая в этой акватории составляла около 600 тыс. т, достигая в отдельные годы 850 тыс. т [Борец и др., 2002]. Промысел западноберингоморской популяции минтая (к западу от 174° в. д.) после периода высоких уловов в 1979–1994 гг. с максимальным выловом 549 тыс. т (средним – 273 тыс. т), в 1995–2001 гг. сменился периодом относительно невысоких объёмов добычи с максимумом 149 тыс. т (средним значением – около 70 тыс. т). Снижение численности рыб этой популяции привело в 2002–2006 гг. к запрету специализированного тралового лова в Карагинской подзоне [Антонов, 2011; Берингоморская..., 2016²]. В этот период минтай добывали в качестве прилова при снюрреводном промысле в объёме от 4,1 до 7,9 тыс. т.

На современном этапе вылов минтая в российских водах Берингова моря находится в пределах 349–632 тыс. т при средней величине 424 тыс. т (рис. 11 г). Наибольшие его уловы в этой части моря приходятся на Западно-Берингоморскую зону

(рис. 11 б). При осреднённом с 2000 по 2021 гг. ОДУ рыб в объёме 461 тыс. т (диапазон 338–823 тыс. т) реальная добыча в этом районе изменялась от 312 до 568 тыс. т при среднем вылове 401 тыс. т. Наименьшие уловы минтая отмечались в 2010 г., наибольшие – в 2007 г. Освоение его ресурсов за указанный выше период составило 87,0%.

Необходимо отметить, что с установлением ОДУ в 2007 г. активизировалась добыча минтая в Чукотской зоне (рис. 11 а). Мигрирующие в эту акваторию рыбы являются частью нагульных скоплений минтая Западно-Берингоморской зоны. При среднем ОДУ вида в объёме 5,5 тыс. т его осреднённый вылов составил 3,0 тыс. т (освоение 54,3%). С минимальных годовых уловов в 2007–2009 гг. (0,005–2,640 тыс. т) флот достиг наибольшего вылова в 2016 г. – 5,5 тыс. т. В последующие годы наблюдалось снижение добычи минтая: до 0,576 тыс. т в 2021 г.

Также в среднем около 25 тыс. т ежегодного вылова минтая в российских водах Берингова моря (после отмены запрета на его специализированный траловый лов с 2007 г.) приходится на западноберингоморскую группировку в Карагинской подзоне. Уловы рыб в этой акватории в последние годы (в 2014–2020 гг. около 10 тыс. т) находятся на сравнительно низком уровне, что обусловлено невысокой биомассой вида (рис. 9 в, 11 в). Освоение его ресурсов при этом в среднем за весь период наблюдений, за исключением 2002–2003 гг., находилось в пределах 60–97% (в среднем 88,0%). Отметим здесь рост уловов минтая в 2021 г. до 21,5 тыс. т при освоении 95,4%.

Подавляющая масса пойманного минтая (96,6%) в пределах западной части Берингова моря осваивается разноглубинными тралами в рамках специализированного промысла, около 1,3% от суммарного его вылова приходится на снюрреводный лов, основой которого, помимо минтая, являются треска и камбалы. Также незначительно он прилавливается и при работе судов донными тралами, ярусами и сетями на добыче палтусов, трески, макрурусов и морских окуней [Датский, 2019]. Основные уловы крупно- и среднетоннажного тралового флота в северо-западной части моря приурочены к акватории, расположенной на запад до 174° в. д., на восток – до разделительной линии Россия – США и на север – до северной части Анадырского залива (рис. 12). У корякского побережья и в наваринском районе промысел минтая осуществляется на глубинах 100–300 м, в Анадырском заливе – на 50–120 м. В юго-западной части моря его добыча ведётся у м. Говен и в Олюторском заливе в пределах изобат 200–600 м.

Средне- и малотоннажный снюрреводный флот облавливает минтая на траверзе мысов Наварин

² Берингоморская минтаевая путина – 2016 (путинный прогноз). 2016. Владивосток: ТИНРО-Центр. 64 с.

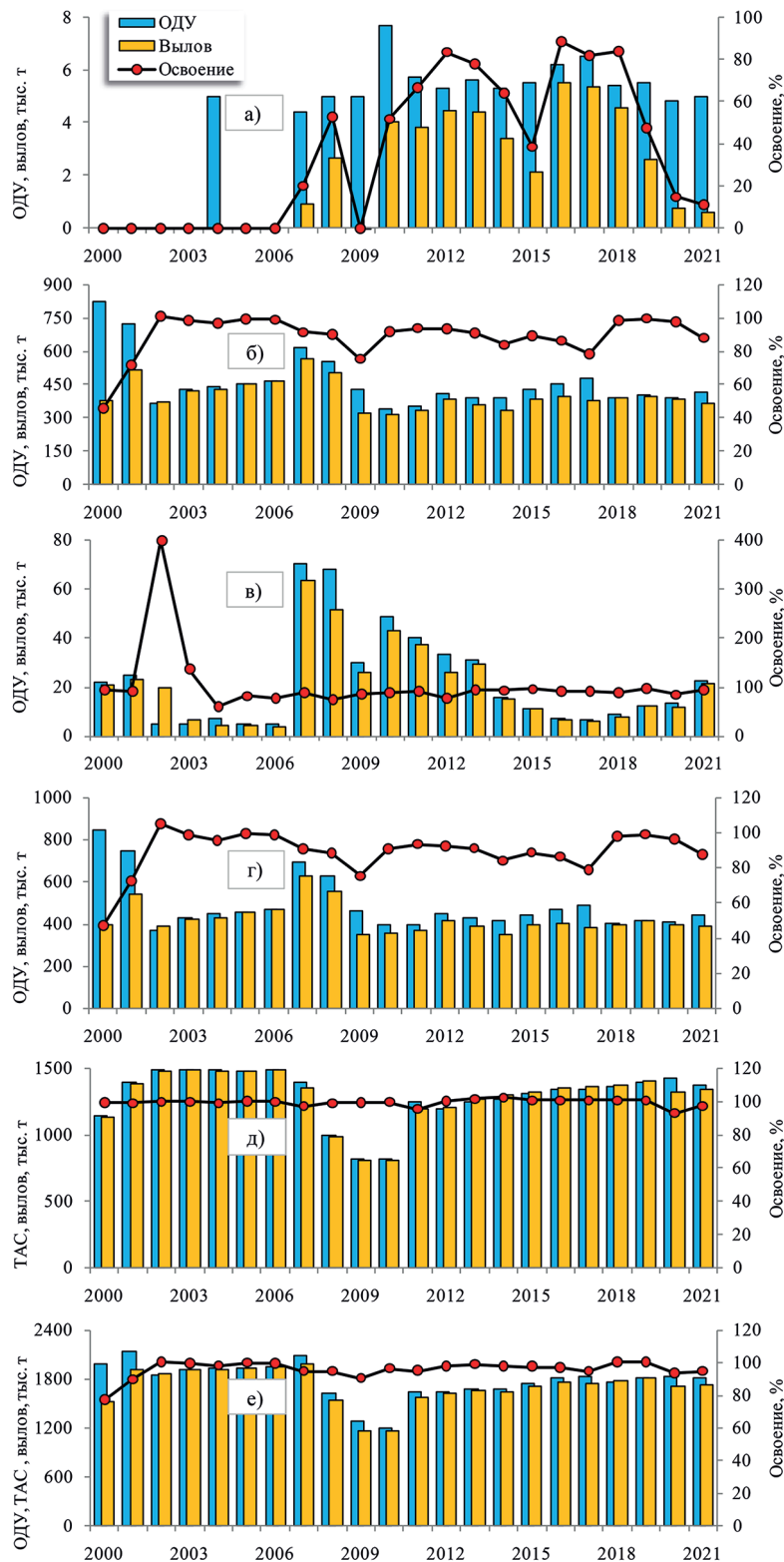


Рис. 11. Прогнозируемые уловы (ОДУ), фактический вылов (тыс. т) и освоение (%) минтая в Беринговом море в 2000–2021 гг.: а – Чукотская зона, б – Западно-Беринговоморская зона, в – Карагинская подзона, г – западная часть моря, д – восточная часть моря, е – Берингово море в целом

Fig. 11. Projected catches (TAC), actual catch (thousand tons) and development (%) of walleye pollock in the Bering Sea in 2000–2021: а – Chukotka zone, б – West Bering Sea zone, в – Karaginsky subzone, г – western part of the sea, д – eastern part of the sea, е – Bering Sea as a whole

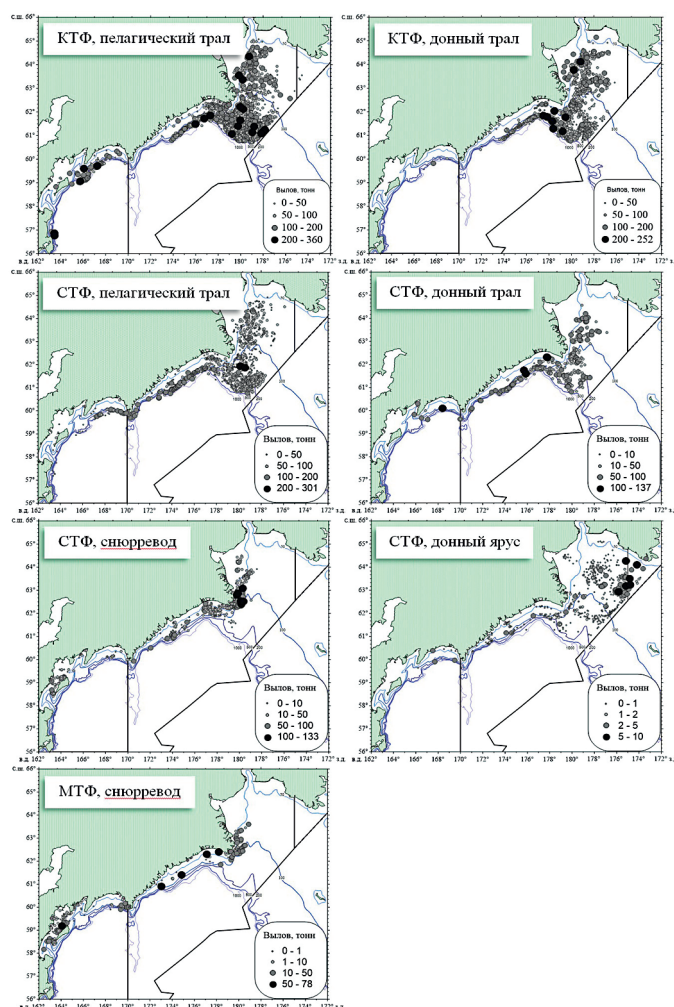


Рис. 12. Распределение суточных уловов (т) различных типов судов на промысле минтая в западной части Берингова моря в мае-декабре 2021 г.

Fig. 12. Distribution of daily catches (t) of various types of vessels in the pollock fishery in the western part of the Bering Sea in May-December 2021

и Олюторский, а также в Карагинском заливе на глубинах 20–200 м, среднетоннажный ярусный — в центральной и восточной частях Анадырского залива на глубинах 50–100 м.

Освоение ресурсов минтая в западной части Берингова моря происходит круглый год, однако в первые пять месяцев (январь-май) его вылов не превышает 7% от суммарной добычи на северо-западе моря и 3,2% — в юго-западной акватории (рис. 13). Незначительные результаты промысла в этот период объясняются множеством факторов, среди которых и сложные гидрометеоусловия, когда нестабильная погода вкупе с обширными ледовыми полями не позволяет эффективно облавливать скопления рыб, и запрет на специализированный промысел минтая с 01 марта по 10 апреля — 15 мая по причине его массового нереста. После нереста половозрелый минтай начинает

формировать плотные скопления в пределах шельфа и материкового склона у м. Наварин и присклоновых участков материкового склона у м. Олюторский, что сразу сказывается на работе флота: с июня по декабрь добывается около 93–97% всего улова вида за календарный год. При этом в северо-западной части моря свыше 50% ресурсов осваивается в июле-сентябре, в юго-западной части — в сентябре-декабре [Датский, 2019].

В восточной части Берингова моря согласно закону о рыболовстве США, использование промысловых запасов минтая базируется на условии предоставления права его добычи исключительно специально идентифицированным типам рыбодобывающих судов на основе предварительно устанавливаемого уровня допустимого изъятия ресурса — ТАС, аналога ОДУ. Эта величина ежегодно распределяется среди трёх сек-

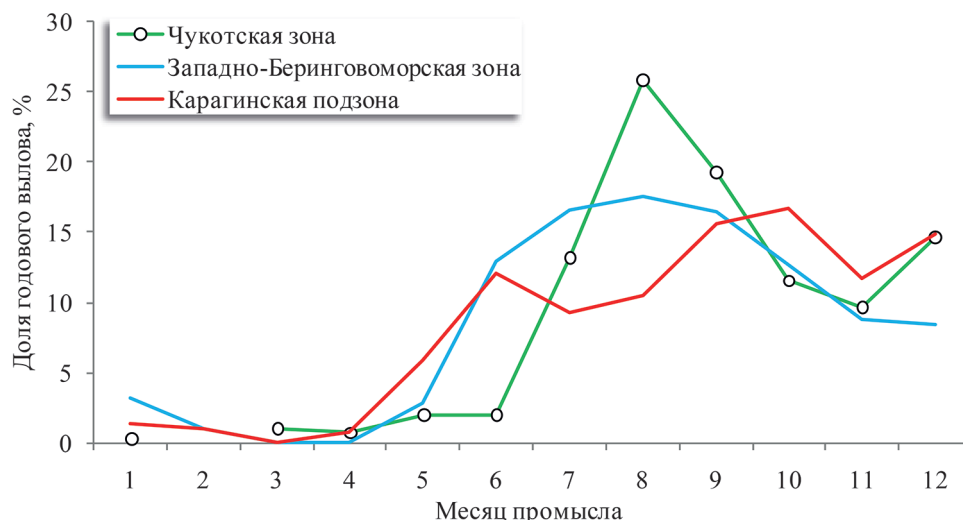


Рис. 13. Сезонная динамика вылова (% от годового улова) минтая в рыбопромысловых районах западной части Берингова моря по данным 2000–2021 гг.

Fig. 13. Seasonal dynamics of the catch (% of the annual catch) of walleye pollock in the fishing areas of the western part of the Bering Sea according to 2000–2021 data

торов рыболовства, специализирующихся на минтае: прибрежный промысел, траловый промысел с переработкой на борту (процессоры) или плавбазах и квота для нужд прибрежных общин [Шевченко, Датский, 2014].

Промысел минтая в американской части Берингова моря, как и в России в Охотском море, подразделяется на два сезона: сезон «А» и сезон «В». Сезон «А» начинается в январе и заканчивается в конце апреля, составляя 40% от годовой квоты, в то время как в сезон «В» вылавливается оставшиеся 60% предоставляемого ресурса [Шевченко, Датский, 2014]. За период с 2000 по 2021 гг. прогнозные оценки вылова минтая рекомендовались от 813 до 1492 тыс. т в год (в среднем 1296 тыс. т). В то время как ежегодные фактические уловы вида в этот период изменялись от 810 тыс. т (в 2009 г.) до 1491 тыс. т (в 2003 г.), составив в среднем 1290 тыс. т (рис. 11 д). Освоение выделенных для добычи ресурсов минтая в восточной части моря близко к 100%: в среднем 99,5% (в разные годы 93,0–102,4%).

В целом в Беринговом море за рассматриваемый период ОДУ минтая ежегодно рекомендовались к добыче в пределах 1207–2147 тыс. т (в среднем 1784 тыс. т). Уловы вида при этом изменялись от 1160 тыс. т в 2009 г. до 1987 тыс. т в 2007 г., составив в среднем 1713 тыс. т (рис. 11 е). Отметим, что вследствие общего уменьшения численности минтая в Беринговом море в целом в начале 2000-х гг. (рис. 9), после 2007 г. наметилась тенденция и в снижении как прогнозных оценок ОДУ рыб, так и их вылова в ак-

ватории моря. Некоторое уменьшение уловов минтая в Беринговом море можно объяснить и ростом запасов вида в Охотском море (и перераспределением части добывающих судов между морями), где его промысел в сезон «А», когда добывается до 80% годового улова, рентабельнее вследствие облова нерестовых скоплений производителей и выпуска, помимо филе и мороженой рыбы, икры. Определённое влияние на ежегодный вылов данного вида оказывают и экономические причины: изменение спроса на внутреннем и внешнем рынках различной продукции из минтая, влияние курса валют, вопросы сертификации промысла и т. д. [Охотоморский..., 2015³; Берингоморская..., 2016¹].

Начиная с 2010 г., биомасса минтая в Беринговом море, за исключением его юго-западной части, снова возросла. При этом, если в юго-восточной части моря биомасса вида достигла сходных величин конца 1990-х – начала 2000-х гг., то в северо-западной акватории она увеличилась до наибольших величин за всю историю наблюдений (рис. 9). Отметим также появление значительных запасов крупноразмерного минтая в российской части Чукотского моря, которого до 2018 г. здесь практически не наблюдали [Орлов и др., 2020; Датский и др., 2022]. Во многом это обусловлено благоприятными океанологическими условиями и перераспределением значительной части нагульного минтая в северном направлении [Eisner et al., 2020;

³ Берингоморская минтаевая путина – 2016 (путинный прогноз). 2016. Владивосток: ТИНРО-Центр. 64 с.

Baker, 2021], в том числе в анадырско-наваринский район (рис. 10). С 2012 г. это привело к стабильно высоким оценкам ОДУ и вылова вида в северо-западной акватории моря: соответственно 395–482 тыс. т (при среднем объеме 421 тыс. т) и 334–402 тыс. т (380 тыс. т). По результатам исследований 2021 г. отмечено доминирование в уловах урожайного поколения 2018 г., при условии его последующего преобладания на промысле и сохранении существующего уровня миграций минтая из восточной части Берингова моря, запасы вида и его уловы в северо-западной части моря остаются на уровне последних лет.

Следует также отметить, что в 2021 г. были получены новые данные, которые подтвердили тенденцию роста ресурсов западноберинговоморского минтая. Вступление в промысел поколений 2018–2019 гг. привело к повышению промысловой биомассы рыб этой группировки и позволило увеличить ОДУ в юго-западной части Берингова моря до 60,7 тыс. т в 2022 г. (что больше на 38,2 тыс. т уровня 2021 г.). В случае подтверждения высокой урожайности рыб 2020–2021 гг. нереста, запасы минтая здесь могут ещё более вырасти, что благоприятно скажется на перспективах работы флота.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Берингово море среди дальневосточных морей выделяется высокой биологической продуктивностью и характеризуется значительным промысловым потенциалом многих видов водных гидробионтов. Среди наиболее значимых видов для рыбной отрасли необходимо отметить минтая, который распространен практически по всей акватории моря и формирует скопления высокой плотности, ежегодно облавливаемые рыбопромысловым флотом. Основные концентрации этого вида отмечены в районе островов Прибылова и Алеутских (восточноберинговоморская популяция), в наваринском районе и южной части Анадырского залива (восточноберинговоморская, анадырско-наваринская группировки), а также в заливах Карагинский, Корфа и Олюторский (западноберинговоморская) на глубинах 40–220 м. Промысловые скопления формируют рыбы длиной 35–65 см и возраста 4–9 лет, которые являются объектами специализированного промысла (пелагические, разноглубинные тралы, снюрреводы) и прилова (донные тралы, яруса, жаберные сети). Траловыми орудиями лова в основном облавливают среднеразмерных рыб, снюрреводами, донными сетями и ярусами — более старшевозрастных особей.

В Беринговом море наибольшие запасы минтая отмечены в 1980-е и 2010-е гг. с максимальным при-

сутствием таких ресурсов в восточной части моря. На современном этапе восточноберинговоморская и северо-западная группировки рыб находятся на среднемноголетнем уровне биомасс, их ежегодные изменения во многом зависят от фоновых условий природной среды и развития кормовой базы, обуславливающих масштабы миграций рыб из юго-восточной части Берингова моря в северо-западную и обратно. У западноберинговоморского минтая наблюдается тенденция постепенного восстановления запасов после периода минимальных значений в конце 1990-х гг. — начале 2000-х гг. В целом, текущее состояние запасов минтая в Беринговом море характеризуется как устойчивое, которое поддерживает промысел на относительно высоком уровне.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают признательность всем сотрудникам Тихоокеанского, Камчатского филиалов и Центрального аппарата ВНИРО, принимавшим участие в научно-исследовательских работах в Беринговом море в 1995–2021 гг., а также членам судовых экипажей, оказывавшим помощь в сборе первичных данных, использованных в настоящей работе.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках Госзадания ФГБНУ «ВНИРО».

ЛИТЕРАТУРА

- Антонов Н.П. 1991. Биология и динамика численности восточнокамчатского минтая: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ИБМ ДВНЦ АН СССР. 23 с.
- Антонов Н.П. 2011. Промысловые рыбы Камчатского края: биология, запасы, промысел. М.: ВНИРО. 244 с.
- Антонов Н.П., Датский А.В. 2019. Использование сырьевой базы морских рыб в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне в 2018 г. // Рыбное хозяйство. № 3. С. 66–76.
- Антонов Н.П., Кловач Н.В., Орлов А.М. и др. 2016. Дальневосточный рыбохозяйственный бассейн // Труды ВНИРО. Т. 160. С. 133–211.
- Балыкин П.А. 2006. Многолетние изменения в икhtiоценозах западной части Берингова моря по материалам донных траловых съемок // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 8. С. 5–18.

- Балыкин П.А., Бонк А.А. 1987. Рост западноберинговоморского минтая на первом году жизни // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Владивосток: Изд-во ТИНРО. С. 115–122.
- Балыкин П.А., Варкентин А.И. 2002. Распределение икры, личинок и сеголеток минтая *Theragra chalcogramma* (Gadidae) в северо-западной части Берингова моря // Вопросы ихтиологии. Т. 42, № 6. С. 798–805.
- Балыкин П.А., Максименко В.П. 1990. Биология и состояние запасов минтая западной части Берингова моря // Биологические ресурсы шельфовых и окраинных морей Советского Союза. М.: Наука. С. 111–126.
- Борец Л.А., Степаненко М.А., Николаев А.В., Грицай Е.В. 2002. Состояние запасов минтая в Наваринском районе Берингова моря и причины, определяющие эффективность его промысла // Известия ТИНРО. Т. 130. Ч. III. С. 1001–1014.
- Булатов О.А. 1986. Распределение икры и личинок тресковых (подсемейство Gadinae) в тихоокеанских водах Камчатки и западной части Берингова моря // Тресковые дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. С. 89–102.
- Булатов О.А. 1987. Икра и личинки минтая в восточной части Берингова моря // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 100–114.
- Булатов О.А. 2004. Минтай (*Theragra chalcogramma*) Берингова моря: размножение, запасы и стратегия управления промыслом: Автореф. ... канд. биол. наук. М.: ВНИРО. 48 с.
- Буслов А.В. 2005. Рост минтая и размерно-возрастная структура его популяций. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. 224 с.
- Варкентин А.И., Сергеева Н.П., Ильин О.И., Овсянников Е.Е. 2021. Промысел, размерно-возрастной состав, состояние запасов и перспективы вылова минтая (*Gadus chalcogrammus*, Pallas, 1814) на акватории, прилегающей к Камчатскому полуострову и Северным Курильским островам // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 60. С. 5–42. <https://doi.org/10.15853/2072-8212.2021.60.5-42>
- Глубоков А.И., Норвилло Г.В. 2002. Воспроизводство минтая в северо-западной части Берингова моря // Вопросы рыболовства. Т. 3, № 3. С. 474–485.
- Грицай Е.В. 2006. Изменчивость размерно-возрастного состава минтая на восточно- и северо-беринговоморском шельфе // Известия ТИНРО. Т. 147. С. 84–102.
- Грицай Е.В. 2008. Биология и промысел минтая *Theragra chalcogramma* в северной части Берингова моря: Автореф. ... канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-Центр. 24 с.
- Датская С.А., Датский А.В. 2021. Промысловые запасы и особенности биологии массовых рыб в Чукотском море (в пределах российских вод) // Сб. трудов IX Науч.-практ. конф. молодых учёных с межд. участием, посвященной 140-летию ВНИРО. «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса». С. 57–60.
- Датский А.В. 2004. Размножение минтая *Theragra chalcogramma* (Gadidae) в Анадырском заливе // Вопросы рыболовства. Т. 5, № 4(20). С. 597–617.
- Датский А.В. 2016. Особенности биологии массовых рыб в Олюторско-Наваринском районе и прилегающих водах Берингова моря. 1. Семейство Тресковые (Gadidae) // Вопросы ихтиологии. Т. 56, № 6. С. 705–725. <https://doi.org/10.7868/S0042875216050039>
- Датский А.В. 2019. Сырьевая база рыболовства и ее использование в российских водах Берингова моря. Сообщение 3. Сезонная динамика вылова водных биологических ресурсов // Труды ВНИРО. Т. 178. С. 112–149.
- Датский А.В., Андронов П.Ю. 2007. Ихтиоцен верхнего шельфа северо-западной части Берингова моря. Магадан: СВНЦ ДВО РАН. 261 с.
- Датский А.В., Ведищева Е.В., Трофимова А.О. 2022. Особенности биологии массовых рыб в российских водах Чукотского моря. 1. Промысловая биомасса рыб. Семейство тресковые Gadidae // Вопросы ихтиологии. Т. 62, № 4. С. 387–412.
- Датский А.В., Кулик В.В., Датская С.А. 2021. Динамика обилия массовых промысловых рыб дальневосточных морей и прилегающих районов открытой части Тихого океана и влияющие на неё факторы // Труды ВНИРО. Т. 186, № 4. С. 31–77. <https://doi.org/10.36038/2307-3497-2021-186-31-77>
- Зверькова Л.М. 1972. Рост и возраст минтая *Theragra chalcogramma* (Pall.) из северной части Японского моря // Вопросы ихтиологии. Т. 12, вып. 5. С. 869–874.
- Качина Т.Ф., Балыкин П.А. 1981. Нерест минтая в западной части Берингова моря // Экология, запасы и промысел минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 63–72.
- Качина Т.Ф., Савичева Э.А. 1987. Динамика питания минтая в западной части Берингова моря // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Владивосток: Изд-во ТИНРО. С. 174–188.
- Кузнецов М.Ю., Басюк Е.О., Чульчиков Д.Н., Сыроваткин Е.В. 2013. Распределение и гидрологические условия обитания минтая в северо-западной части Берингова моря в летне-осенний период // Известия ТИНРО. Т. 174. С. 104–124.
- Кузнецов М.Ю., Николаев А.В., Гаврилов Г.М. 2004. Распределение, размерно-возрастной состав, численность и биомасса минтая в северо-западной части Берингова моря летом 2002 г. // Вопросы рыболовства. Т. 5, № 2 (18). С. 226–241.
- Макрофауна пелагиали западной части Берингова моря: таблицы встречаемости, численности и биомассы, 1982–2009 гг. 2012. Владивосток: Изд-во ТИНРО-Центр. 479 с.
- Моисеев П.А. 1969. Биологические ресурсы мирового океана. М.: Пищ. пром-сть. 338 с.
- Никольский Г.В. 1974. Экология рыб. М.: Высшая школа. 357 с.
- Орлов А.М., Савин А.Б., Горбатенко К.М. и др. 2020. Биологические исследования в российских дальневосточных и арктических морях в трансарктической экспедиции ВНИРО // Труды ВНИРО. Т. 181. С. 102–143. DOI:10.36038/2307-3497-2020-181-102-143
- Плотников В.В., Вакульская Н.М., Мезенцева Л.И. и др. 2020. Изменчивость ледовых условий в Чукотском море и их

- связь с арктической осцилляцией // Известия ТИНРО. Т. 20. № 1. С. 155–167. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2020-200-155-167>
- Серобаба И.И. 1974. Экология нереста берингоморского минтая // Вопросы ихтиологии. Т. 14, вып. 4. С. 635–648.
- Серобаба И.И. 1977. Сведения о популяционной структуре минтая Берингова моря // Вопросы ихтиологии. Т. 17, вып. 2. С. 247–260.
- Соболевский Е.И., Радченко В.И., Чеблукова Л.В. 1991. Пространственное распределение сеголеток минтая в западной части Берингова моря // Вопросы ихтиологии. Т. 31, вып. 5. С. 766–775.
- Степаненко М.А. 1997. Межгодовая изменчивость пространственной дифференциации минтая *Theragra chalcogramma* и трески *Gadus macrocephalus* Берингова моря // Вопросы ихтиологии. Т. 37, № 1. С. 19–26.
- Степаненко М.А. 2003. Нерестовые группировки минтая в восточной части Берингова моря и их функционирование // Известия ТИНРО. Т. 133. С. 67–79.
- Степаненко М.А., Николаев А.В. 2004. Некоторые особенности воспроизводства минтая (*Theragra chalcogramma*) Берингова моря // Известия ТИНРО. Т. 139. С. 102–122.
- Фадеев Н.С. 1986. Берингово море // Биологические ресурсы Тихого океана. М.: Наука. С. 389–405.
- Фадеев Н.С. 1991. Распределение и миграции минтая в Беринговом море. М.: ВНИРО. 54 с.
- Фадеев Н.С., Грицай Е.В. 1999. Промысел и размерно-возрастной состав минтая в северо-западной части Берингова моря в 1995–1998 гг. // Известия ТИНРО. Т. 126. Ч. I. С. 237–245.
- Хен Г.В. 1989. Сезонная и межгодовая изменчивость вод Берингова моря в связи с экологией промысловых объектов: Автореф. ... канд. геогр. наук. Владивосток: ТИНРО. 25 с.
- Шунтов В.П. 2001. Биология дальневосточных морей России. Владивосток: ТИНРО-центр. Т. 1. 580 с.
- Шунтов В.П. 2016. Биология дальневосточных морей России. Владивосток: ТИНРО-центр. Т. 2. 604 с.
- Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. 426 с.
- Шунтов В.П., Дулепова Е.П., Горбатенко К.М., Слабинский А.М., Ефимкин А.Я. 2000. Питание минтая *Theragra chalcogramma* в анадырско-наваринском районе Берингова моря // Вопросы ихтиологии. Т. 40, № 3. С. 362–369.
- Baker M.R. 2021. Contrast of warm and cold phases in the Bering Sea to understand spatial distributions of Arctic and sub-Arctic gadids // Polar Biol. Vol. 44. P. 1083–1105. <https://doi.org/10.1007/s00300-021-02856-x>
- Baker M.R., Kivva K.K., Pisareva M.N. et al. 2020. Shifts in the physical environment in the Pacific Arctic and implications for ecological timing and conditions // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 177. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104802>
- Chilton D.E., Beamish R.J. 1982. Age determination methods for fishes studied by the groundfish program at the Pacific Biological Station // Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. V. 60. 102 p.
- Danielson S.L., Ahkinga O., Ashjian C. et al. 2020. Manifestation and consequences of warming and altered heat fluxes over the Bering and Chukchi Sea continental shelves // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 177. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104781>
- Eisner L.B., Zuenko Y.I., Basyuk E.O. et al. 2020. Environmental impacts on walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) distribution across the Bering Sea shelf // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 181–182. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104881>
- Eschmeyer W.N., Herald E.S., Hammann H. 1983. A field guide to Pacific coast fishes of North America. Boston: Houghton Mifflin Company. 336 p.
- Ianelli J., Fissel B., Stienessen S., Honkalehto T., Siddon E., Allen-Akselrud C. 2021. Chapter 1: Assessment of the walleye pollock stock in the Eastern Bering Sea. 170 p. Accessible via: https://apps-afsc.fisheries.noaa.gov/Plan_Team/2021/EBSPollock.pdf. 20.09.2022.
- Munk K.M. 2001. Maximum ages of groundfishes in waters off Alaska and British Columbia and consideration of age determination // Alaska Fish. Res. Bull. V. 8, № 1. P. 12–21.
- Siddon E.C., Zador S.G., Hunt G.L. Jr. 2020. Ecological responses to climate perturbations and minimal sea ice in the northern Bering Sea // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 181–182. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104914>
- Vasilets P.M. 2015. FMS analyst — computer program for processing data from Russian Fishery Monitoring System. DOI: 10.13140/RG.2.1.5186.0962

REFERENCES

- Antonov N.P. 1991. Biology and population dynamics of East Kamchatka pollock. PhD Abstract. Vladivostok: IBM Far Eastern Scientific Center of the USSR Academy of Sciences. 23 p. (In Russ.).
- Antonov N.P. 2011. Commercial fish of the Kamchatka Territory: biology, stocks, fishing. Moscow: VNIRO. 244 p. (In Russ.).
- Antonov N.P., Datsky A.V. 2019. Use of the raw material base of marine fish in the Far Eastern fishery basin in 2018 // Fisheries. № 3. P. 66–76. (In Russ.).
- Antonov N.P., Klovach N.V., Orlov A.M. et al. 2016. Far Eastern fishery basin // Trudy VNIRO. T. 160. P. 133–211. (In Russ.).
- Balykin P.A. 2006. Long-term changes in the ichthyocenoses of the western part of the Bering Sea based on the materials of bottom trawl surveys // Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the northwestern part of the Pacific Ocean. Issue. 8. P. 5–18. (In Russ.).
- Balykin P.A., Bonk A.A. 1987. Growth of the West Bering Sea walleye pollock in the first year of life // Population structure, population dynamics and pollock ecology. Vladivostok: TINRO Publish. P. 115–122. (In Russ.).
- Balykin P.A., Varkentin A.I. 2002. Distribution of eggs, larvae and underyearlings of walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Gadidae) in the northwestern part of the Bering Sea // Problems of Ichthyology. T. 42, № 6. P. 798–805. (In Russ.).
- Balykin P.A., Maksimenko V.P. 1990. Biology and status of walleye pollock stocks in the western part of the Bering

- Sea // Biological resources of the shelf and marginal seas of the Soviet Union. M.: Science. P. 111–126. (In Russ.).
- Borets L.A., Stepanenko M.A., Nikolaev A.V., Gritsai E.V. 2002. Status of walleye pollock stocks in the Navarin region of the Bering Sea and the reasons that determine the effectiveness of its fishing // *Izvestiya TINRO*. T. 130. Part III. P. 1001–1014. (In Russ.).
- Bulatov O.A. 1986. Distribution of eggs and larvae of codfish (subfamily Gadinae) in the Pacific waters of Kamchatka and the western part of the Bering Sea // *Cods Far East Seas*. Vladivostok: TINRO. P. 89–102. (In Russ.).
- Bulatov O.A. 1987. Pollock eggs and larvae in the eastern part of the Bering Sea // Population structure, abundance dynamics and Pollock ecology. Vladivostok: TINRO. P. 100–114. (In Russ.).
- Bulatov O.A. 2004. Pollock (*Theragra chalcogramma*) of the Bering Sea: reproduction, stocks and fishery management strategy: Abstract of the thesis. dis. ... doc. biol. sciences. Moscow: VNIRO. 48 p. (In Russ.).
- Buslov A.V. 2005. Pollock growth and size-age structure of its populations. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO Publish. 224 p. (In Russ.).
- Varkentin A.I., Sergeeva N.P., Ilyin O.I., Ovsyannikov E.E. 2021. Fishery, size and age composition, state of stocks and prospects for catching walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*, Pallas, 1814) in the water area adjacent to the Kamchatka Peninsula and the Northern Kuril Islands // *Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the northwestern part of the Pacific Ocean*. Issue. 60. P. 5–42. <https://doi.org/10.15853/2072-8212.2021.60.5-42>. (In Russ.).
- Glubokov A.I., Norvillo G.V. 2002. Reproduction of walleye pollock in the northwestern part of the Bering Sea // *Problems of fisheries*. T. 3, № 3. P. 474–485. (In Russ.).
- Gritsay E.V. 2006. Variability of the size and age composition of walleye pollock on the East and North Bering Sea shelf // *Izvestiya TINRO*. T. 147. P. 84–102. (In Russ.).
- Gritsay E.V. 2008. Biology and fishery of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the northern part of the Bering Sea. PhD Abstract. Vladivostok: TINRO-Center. 24 p. (In Russ.).
- Datskaya S.A., Datsky A.V. 2021. Commercial stocks and features of the biology of mass fish in the Chukchi Sea (within Russian waters) // *Sat. Proceed. of IX Scient. and Pract. Conf. of Young Scientists with Intern. Partic., dedicated to the 140th anniversary of VNIRO. «Modern problems and prospects for the development of the fishery complex»*. P. 57–60. (In Russ.).
- Datsky A.V. 2004. Reproduction of walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Gadidae) in the Gulf of Anadyr // *Problems of Fisheries*. Vol. 5, № 4(20). P. 597–617. (In Russ.).
- Datsky A.V. 2016. Features of the biology of mass fish in the Olyutorsko-Navarinsky region and adjacent waters of the Bering Sea. 1. Cod family (Gadidae) // *Problems of ichthyology*. T. 56, № 6. P. 705–725. <https://doi.org/10.7868/S0042875216050039>. (In Russ.).
- Datsky A.V. 2019. Raw material base of fishery and its use in Russian waters of the Bering Sea. Message 3. Seasonal dynamics of the catch of aquatic biological resources // *Trudy VNIRO*. T. 178. P. 112–149. (In Russ.).
- Datsky A.V., Andronov P. Yu. 2007. Ichthyocene of the upper shelf of the northwestern part of the Bering Sea. Magadan: SVNTs FEB RAS. 261 p. (In Russ.).
- Datsky A.V., Vedishcheva E.V., Trofimova A.O. 2022. Features of the biology of mass fish in the Russian waters of the Chukchi Sea. 1. Commercial fish biomass. Cod family Gadidae // *Problems of ichthyology*. T. 62, № 4. P. 387–412. (In Russ.).
- Datsky A.V., Kulik V.V., Datskaya S.A. 2021. Abundance dynamics of mass commercial fish in the Far Eastern seas and adjacent areas of the open part of the Pacific Ocean and factors influencing it // *Trudy VNIRO*. T. 186, № 4. P. 31–77. <https://doi.org/10.36038/2307-3497-2021-186-31-77>. (In Russ.).
- Zverkova L.M. 1972. Growth and age of walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Pall.) from the northern part of the Sea of Japan // *Problems of Ichthyology*. T. 12, № 5. P. 869–874. (In Russ.).
- Kachina T.F., Balykin P.A. 1981. Pollock spawning in the western part of the Bering Sea // *Ecology, stocks and fishery of walleye pollock*. Vladivostok: TINRO. P. 63–72. (In Russ.).
- Kachina T.F., Savicheva E.A. 1987. Pollock feeding dynamics in the western part of the Bering Sea // Population structure, abundance dynamics and pollock ecology. Vladivostok: TINRO Publish. P. 174–188. (In Russ.).
- Kuznetsov M. Yu., Basyuk E.O., Chulchekov D.N., Syrovatkin E.V. 2013. Distribution and hydrological conditions of walleye pollock in the northwestern part of the Bering Sea in the summer-autumn period // *Izvestiya TINRO*. T. 174. P. 104–124. (In Russ.).
- Kuznetsov M. Yu., Nikolaev A.V., Gavrilov G.M. 2004. Distribution, size-age composition, abundance and biomass of walleye pollock in the northwestern part of the Bering Sea in summer 2002 // *Problems of fishing*. Vol. 5, № 2 (18). P. 226–241. (In Russ.).
- Pelagial macrofauna of the western Bering Sea: tables of occurrence, abundance, and biomass, 1982–2009*. 2012. Vladivostok: Publish TINRO-center. 479 p. (In Russ.).
- Moiseev P.A. 1969. Biological resources of the oceans. M.: Pishch. prom. 338 p. (In Russ.).
- Nikolsky G.V. 1974. Fish ecology. M.: Higher school. 357 p. (In Russ.).
- Orlov A.M., Savin A.B., Gorbatenko K.M. et al. 2020. Biological research in the Russian Far Eastern and Arctic seas during the VNIRO transarctic expedition // *Trudy VNIRO*. T. 181. P. 102–143. DOI:10.36038/2307-3497-2020-181-102-143. (In Russ.).
- Plotnikov V.V., Vakulskaya N.M., Mezentseva L.I. et al. 2020. Variability of ice conditions in the Chukchi Sea and their connection with the Arctic oscillation // *Izvestiya TINRO*. T. 20. № 1. P. 155–167. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2020-200-155-167> (In Russ.).
- Serobaba I.I. 1974. Ecology of spawning of the Bering Sea walleye // *Questions of ichthyology*. T. 14, № 4. P. 635–648. (In Russ.).

- Serobaba I.I. 1977. Information about the population structure of walleye pollock in the Bering Sea // Problems of Ichthyology. T. 17, № 2. P. 247–260. (In Russ.).
- Sobolevsky E.I., Radchenko V.I., Cheblukova L.V. 1991. Spatial distribution of pollock fingerlings in the western part of the Bering Sea // Problems of Ichthyology. T. 31, № 5. P. 766–775. (In Russ.).
- Stepanenko M.A. 1997. Interannual variability of spatial differentiation of walleye pollock *Theragra chalcogramma* and cod *Gadus macrocephalus* of the Bering Sea // Issues of Ichthyology. T. 37, № 1. P. 19–26. (In Russ.).
- Stepanenko M.A. 2003. Spawning populations of walleye pollock in the eastern part of the Bering Sea and their functioning // Izvestiya TINRO. T. 133. P. 67–79. (In Russ.).
- Stepanenko M.A., Nikolaev A.V. 2004. Some features of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) reproduction in the Bering Sea // Izvestiya TINRO. T. 139. P. 102–122. (In Russ.).
- Fadeev N.S. 1986. Bering Sea // Biological Resources of the Pacific Ocean. M.: Science. P. 389–405. (In Russ.).
- Fadeev N.S. 1991. Distribution and migrations of walleye pollock in the Bering Sea. M.: VNIRO. 54 p. (In Russ.).
- Fadeev N.S., Gritsai E.V. 1999. Fishery and size-age composition of walleye pollock in the northwestern part of the Bering Sea in 1995–1998 // Izvestiya TINRO. T. 126. Part I. P. 237–245. (In Russ.).
- Hen G.W. 1989. Seasonal and interannual variability of the waters of the Bering Sea in connection with the ecology of commercial objects: Abstract of the thesis. dis. ... cand. geogr. Sciences. Vladivostok: TINRO. 25 p. (In Russ.).
- Shuntov V.P. 2001. Biology of the Far Eastern Seas of Russia. Vladivostok: TINRO-center. T. 1. 580 p. (In Russ.).
- Shuntov V.P. 2016. Biology of the Far Eastern Seas of Russia. Vladivostok: TINRO-center. T. 2. 604 p. (In Russ.).
- Shuntov V.P., Volkov A.F., Temnykh O.S., Dulepova E.P. 1993. Walleye pollock in the ecosystems of the Far Eastern seas. Vladivostok: TINRO. 426 p. (In Russ.).
- Shuntov V.P., Dulepova E.P., Gorbatenko K.M., Slabinsky A.M., Efimkin A. Ya. 2000. Feeding of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the Anadyr-Navarin region of the Bering Sea // Issues of Ichthyology. T. 40, № 3. P. 362–369. (In Russ.).
- Baker M.R. 2021. Contrast of warm and cold phases in the Bering Sea to understand spatial distributions of Arctic and sub-Arctic gadids // Polar Biol. Vol. 44. P. 1083–1105. <https://doi.org/10.1007/s00300-021-02856-x>
- Baker M.R., Kivva K.K., Pisareva M.N. et al. 2020. Shifts in the physical environment in the Pacific Arctic and implications for ecological timing and conditions // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 177. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104802>
- Chilton D.E., Beamish R.J. 1982. Age determination methods for fishes studied by the groundfish program at the Pacific Biological Station // Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. V. 60. 102 p.
- Danielson S.L., Ahkinga O., Ashjian C. et al. 2020. Manifestation and consequences of warming and altered heat fluxes over the Bering and Chukchi Sea continental shelves // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 177. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104781>
- Eisner L.B., Zuenko Y.I., Basyuk E.O. et al. 2020. Environmental impacts on walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) distribution across the Bering Sea shelf // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 181–182. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104881>
- Eschmeyer W.N., Herald E.S., Hammann H. 1983. A field guide to Pacific coast fishes of North America. Boston: Houghton Mifflin Company. 336 p.
- Ianelli J., Fissel B., Stienessen S., Honkalehto T., Siddon E., Allen-Akselrud C. 2021. Chapter 1: Assessment of the walleye pollock stock in the Eastern Bering Sea. 170 p. Accessible via: https://apps-afsc.fisheries.noaa.gov/Plan_Team/2021/EBSPollock.pdf. 20.09.2022.
- Munk K.M. 2001. Maximum ages of groundfishes in waters off Alaska and British Columbia and consideration of age determination // Alaska Fish. Res. Bull. V. 8, № 1. P. 12–21.
- Siddon E.C., Zador S.G., Hunt G.L. Jr. 2020. Ecological responses to climate perturbations and minimal sea ice in the northern Bering Sea // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 181–182. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104914>
- Vasilets P.M. 2015. FMS analyst – computer program for processing data from Russian Fishery Monitoring System. DOI: 10.13140/RG.2.1.5186.0962

Поступила в редакцию 15.09.2022 г.
Принята после рецензии 11.10.2022 г.



Промысловые виды и их биология

Размножение, запасы и промысел минтая в Наваринском районе Берингова моря

О.А. Булатов, Д.А. Васильев

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

Целью работы является обобщение сведений о размножении, динамике запасов и промысле минтая в Наваринском районе Берингова моря.

Используемые методы: методы и модели теории рыболовства, позволяющие проводить оценку состояния запаса в условиях повышенной зашумленности данных и особенностей вступления поколений в промысловую стадию.

Результат: даны уточнённые оценки состояния запаса минтая в Наваринском районе Берингова моря. Имеющиеся данные позволяют утверждать, что в этом районе Берингова моря существуют репродуктивно изолированные группировки зимне- и весенне-нерестующего минтая.

Новизна: показано, что тенденции динамика биомассы нерестового запаса минтая в Наваринском районе и восточноберингоморского запаса изменялись синхронно в 1995–2011 гг. и 2019–2021 гг. Тогда как в остальное время синхронности не наблюдалось. Согласно расчётным данным, ожидается, что значения биомасс впервые могут совпасть в 2022 г.

Практическая значимость: полученные результаты дают дополнительные основания для уточнения объемов ОДУ.

Ключевые слова: минтай *Gadus chalcogrammus*, вылов, биомасса, икра, личинки.

Reproduction, stocks assessment and walleye pollock fishery in Navarin area of the Bering Sea

Oleg A. Bulatov, Dmitry A. Vasilyev

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

The aim of the work is to summarize information about the reproduction, stock dynamics and walleye pollock fishery in the Navarin region of the Bering Sea.

Methods used: methods and models of the fishery science, allowing to assess the state of the stock in conditions of increased data noise and specific features of the entry of generations into the fishing stage.

Result: the updated estimates of walleye pollock stock status in the Navarin region of the Bering Sea are given. The available data allow us to state that in this area of the Bering Sea there are reproductively isolated groups of winter and spring spawning walleye pollock.

Novelty: it was shown that trends in the biomass dynamics of walleye pollock spawning stock in the Navarin region and the East Bering Sea stock changed synchronously in 1995–2011 and in 2019–2021. While the rest of the time, synchrony was not observed. According to the calculated data, it is expected that the biomass values may coincide for the first time in 2022.

Practical significance: the results obtained provide additional grounds for refining the volume of TAC.

Keywords: walleye pollock *Gadus chalcogrammus*, catch, biomass, eggs, larvae.

ВВЕДЕНИЕ

Минтай *Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814 — широко распространённый представитель семейства тресковых в Беринговом море. Промысловое значение этого вида исключительно велико. После введения в конце 70-х годов XX века 200-мильных экономических зон и вытеснения наших рыбаков из восточной части моря промысел минтая переместился в северо-западную часть Берингова моря (к востоку от 174 в. д., Наваринский район). Рекордный вылов минтая в этом районе составил 900 тыс. тонн [Фадеев, Веспестад,

2001]. С тех пор в течение более чем 40 лет Наваринский район играет важную роль в отечественном рыболовстве. Северо-западная часть Берингова моря представляет собой суровый по климатическим и ледовым условиям район. Лёд в этом районе появляется в январе-феврале и тает в конце мая, что отражается на сезонности изучения биологии этого вида. Основные этапы развития и особенности экологии минтая, обитающего здесь, изучены достаточно хорошо, однако фрагментарность многих работ затрудняет создание целостной картины.

Для анализа состояния запасов минтая в Наваринском районе используются, как правило, сепарабельные модели с возрастной структурой, такие как Synthesis [Methot, 1990] и TISVPA [Vasilyev, 2005], менее требовательные к качеству исходной информации в отличие, например, от модели SAM [Nielsen, Berg, 2014], которая может иметь проблемы с оценкой численности младших возрастных групп для последних лет анализируемого временного интервала при невысокой надёжности данных по возрастному составу запаса, полученных в результате съёмок.

Фактором, затрудняющим оценку запасов, является наличие ярко выраженной межгодовой изменчивости урожайности пополнения, которое в ближайшие годы вступит в промысловую часть запаса. В качестве примера на рис. 1 представлен возрастной состав пополнения в возрасте 1, 2 и 3 года. Как видно из рисунка, зачастую вступление в промысловую часть достаточно многочисленных поколений в возрасте 3 лет не предшествовали многочисленным поколениям в возрасте 1 и 2 года. Установленная особенность вызывает определённые «шумы», препятствующие адекватным оценкам численности пополнения, что приводит к недостаточно точным прогнозам изменения промысловой биомассы.

Основной целью настоящей работы является обобщение сведений о распределении, динамике за-

пасов и промысле минтая в Наваринском районе Берингова моря.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве входных параметров для расчётов оценки запасов использовались следующие материалы за период 1995–2021 гг.: данные возрастного состава уловов; данные средней массы и доли половозрелых рыб по возрастным группам; оценки мгновенных коэффициентов естественной смертности в каждой из них. Кроме того, в расчётах в качестве относительных индексов биомассы использовались материалы по уловам на единицу промыслового усилия (CPUE), полученные по данным промысловой статистики, а также оценки биомассы по учётным донным и пелагическим траловым съёмкам, полученные по данным специалистов Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО».

Оценка состояния запасов минтая выполнена с использованием модели TISVPA, основанной на применении принципов робастной статистики, что обеспечило повышенную надёжность результатов в условиях значительно «зашумлённых» исходных данных и информационного дефицита. Модель TISVPA включает в себя приёмы, позволяющие работать с фактическими данными, имеющими низкое качество. К ним относятся: робастные целевые функции, возможность

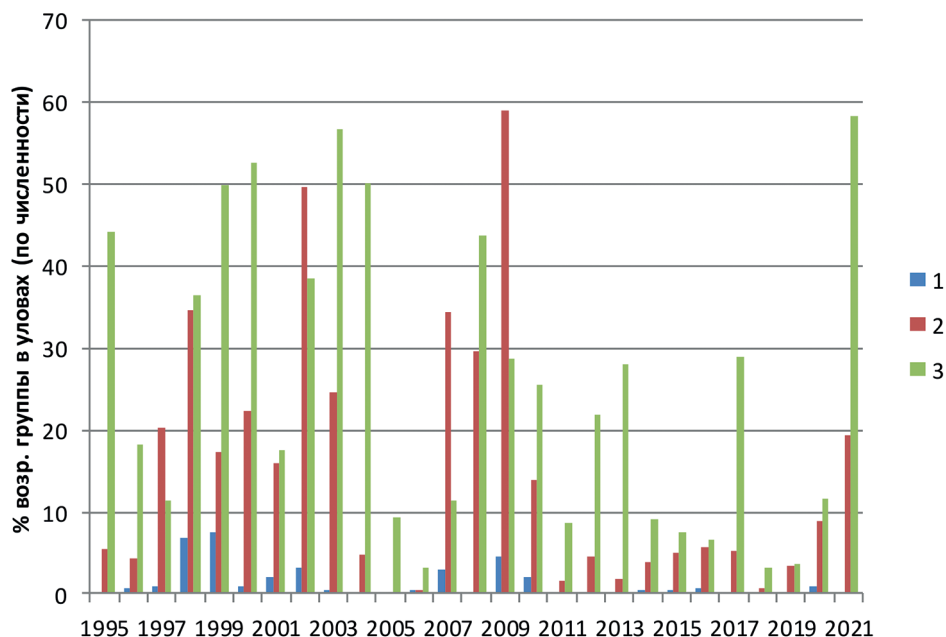


Рис. 1. Соотношение различных возрастных групп в уловах в 1995–2021 гг., %
(1 – 1-годовики, 2 – 2-годовики, 3 – 3-годовики)

Fig. 1. The ratio of different age groups in catches in 1995–2021, %
(1 – 1-year-olds, 2 – 2-year-olds, 3 – 3-year-olds)

целенаправленного обеспечения несмещённости решения, независимость оценок возрастной зависимости относительной селективности промысла от выбора пользователем её формы, применение различных опций относительно взаимной справедливости предположений о качестве данных по возрастному составу уловов и устойчивости селективных свойств промысла, возможность исключения влияния межгодовых изменений в коэффициентах улавливаемости съёмов на результаты анализа и др.

Кроме того, модель TISVPA отличается более точным описанием особенностей взаимодействия запаса с промыслом за счёт расширенной параметризации мгновенных коэффициентов промысловой смертности. Уточнённое описание взаимодействия запаса с промыслом заключается в представлении коэффициентов промысловой смертности (точнее — коэффициентов эксплуатации) в виде произведения трёх параметров: $f(\text{year}) \times s(\text{age}) \times g(\text{cohort})$, что даёт возможность оценить в рамках модели дополнительный набор параметров, связанных с поколением. В расчётах использовались две зависимости: коэффициенты относительной селективности промысла для периода до 2001 г. включительно и после него, когда был введён запрет на использование на специализированном промысле минтая во всех районах его добычи разноглубинных тралов без селективной вставки.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИКРЫ, ЛИЧИНОК И СЕГОЛЕТОВ МИНТАЯ

Икра минтая. Размножение минтая северо-западной части Берингова моря изучалось рядом авторов [Горбунова, 1954; Мусиенко, 1963, 1970; Серобаба, 1968; Качина, Балыкин, 1981; Фадеев, 1981; Булатов, 1986, 2014; Булатов, Кулешова, 1994; Глубоков, Котенёв, 2006].

Ихтиопланктонные исследования в зимний период в этом районе не проводились, однако в траловых уловах в середине января текущие самки отмечались за пределами внешнего шельфа, над глубинами 240 м, при температуре воды у дна 1,3 °C [Bulatov, Kotenev, 2003]. Кроме того, в январе-феврале 2002 г. рыбаки в Наваринском районе заготовили около 2 тыс. т икры, что является неоспоримым доказательством того, что здесь существует зимний нерест.

Впервые в ихтиопланктонных сборах икра минтая отмечена в июле-августе 1950 г. [Горбунова, 1954]. В пробах преобладала икра на поздних стадиях развития. Значительные уловы отмечены в июне 1952 г. [Мусиенко, 1970] и в мае 1985 г. [Булатов, Кулешова, 1994], которые составили 105 и 116 шт./ м кв., соответственно. Однако рекордный улов отмечен в мае

1986 г. над глубиной 112 м, при температуре воды у дна 2,2 °C — 424 шт./ м кв. [Балыкин, Варкентин, 2002]. Все авторы отмечали преобладание в уловах икры на 1 стадии развития, что указывает на близость к местам размножения.

Исследования, выполненные различными авторами [Серобаба, 1968; Качина, Балыкин, 1981; Глубоков, Котенёв, 2006], показали, что уловы в мае-июне не превышали 50 штук под 1 м кв. поверхности моря. Пространственное распределение икры минтая в мае имело следующие особенности. Ядро нереста, то есть область с максимальными уловами икры на ранних стадиях развития, располагалось южнее м. Наварин. Область распространения положительных уловов икры в зоне шельфа ограничивалась с востока кромкой льда, с запада — 175°-177° в. д. Южная периферия распространения икры располагалась недалеко от границ ИЭЗ России-США.

Для того чтобы сравнить в первом приближении вклад в нерестовый потенциал каждого из известных шельфовых нерестилищ минтая в Беринговом море, используем в качестве критерия максимальные уловы икры. В 1985 г. в период, близкий к пику нереста, удалось выполнить синхронную ихтиопланктонную съёмку на шельфе и свале глубин всего Берингова моря (кроме Алеутских и Командорских островов). В восточной части моря максимальные уловы, как и в предыдущие годы, отмечались в Унимакском и Прибыловском районах — 1888 и 3644 шт. под 1 м кв. [Булатов, 1987]. Самым северным нерестилищем в ИЭЗ США является матвеевское, однако здесь уловы были существенно ниже, чем на расположенных южнее унимакском и прибыловском, и едва превышали 100 шт./ м кв. В западной части Берингова моря основные центры воспроизводства связаны с Олюторским заливом, где максимальный улов в весенний период 1985 г. составил 1816 шт. под 1 м кв. На нерестилище, расположенном на траверсе бухт Дежнёва, Наталии и Глубокой (174 в. д., «дежнёвское»), отмечены максимальные уловы до 1902 шт./ м кв. Северные нерестилища минтая, расположенные в Матвеевском (ИЭЗ США) и Наваринском районах (ИЭЗ России) имели близкий нерестовый потенциал, о чём свидетельствуют максимальные уловы икры.

Таким образом, в весенний период 1985 г. наиболее весомый вклад внесло прибыловское нерестилище — 38,5%, унимакское, олюторское и дежневское — около 20% каждое. Самыми незначительными, около 1%, оказались наваринское и матвеевское нерестилища, и это ожидаемо, так как они представляют северную границу репродуктивной части ареала минтая в Тихом океане. Если в первом приближении соотне-

сти нерестовый потенциал минтая, размножающегося на шельфе, то окажется, что 40% приходилось на наши воды, а 60% — на американские.

Личинки и сеголетки минтая. В ихтиопланктоне личинки минтая встречались не ранее мая. Положительные уловы отмечались над внешним шельфом и свалом глубин — от 115 до 1500 м, размеры в среднем составляли 6,9 мм. Размеры личинок указывают на то, что они произошли от икры, выметанной в зимний период. Максимальный улов — 24 шт. под 1 м кв. поверхности моря был отмечен к югу от м. Наварин, над глубиной 185 м. Акватория, занимаемая положительными уловами личинок, невелика и составляла около 15 тыс. км кв.

В июне (1984, 1985 гг.) количество личинок в уловах в Наваринском районе также было незначительно, положительные ловы отмечались, как и икры, южнее м. Наварин [Булатов, Кулешова, 1994], преимущественно на станциях, расположенных в зоне внешнего шельфа и свала глубин. Наличие личинок в уловах ихтиопланктонной сетью ИКС-80 также отмечалось и другими авторами [Фадеев, 1991; Балыкин, Варкентин, 2002; Глубоков, Котенёв, 2006].

Таким образом, имеющиеся материалы пространственно-временного распределения текущих самок, икры и личинок минтая Наваринского района позволяют с уверенностью говорить о том, что в этом районе Берингова моря существуют репродуктивно изолированные группировки зимне- и весенне-нерестующего минтая. Однако, следует отметить, что отсутствие ихтиопланктонных сборов в зимний период до сих пор оставляет открытым вопрос о масштабах зимнего нереста минтая в Наваринском районе.

Детальные траловые исследования, выполненные специалистами Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО», показали, что средние размеры сеголеток минтая в Наваринском районе в сентябре-октябре 1999–2000 гг. составляли 6,7 и 7,3 см, соответственно, увеличиваясь к ноябрю до 8,6 см (в относительно холодном 2001 г.) и до 10 см (в тёплом 1997 г.). Пространственное распределение сеголеток минтая в осенний период было детально изучено дальневосточными учёными [Соболевский и др., 1991; Шунтов и др., 1993]. В 80-е годы положительные уловы отмечались практически на всех станциях, на которых выполнялись пелагические траления (использовался трал с 10-миллиметровой вставкой). Максимальные уловы — более 1000 шт. на 1-часовое траление были локализованы в двух скоплениях: самое мощное находилось к югу от м. Наварин, другое — в Анадырском заливе. Весьма схожим оказалось распределение сеголеток по данным донных траловых съёмок

с 10-миллиметровой вставкой, выполненных в 1999, 2001 гг. Максимальные концентрации сеголеток по-прежнему отмечались южнее (1999 г.) и юго-восточнее (2001 г.) м. Наварин, а также в северо-восточной (1999 г.) и восточно-центральной частях Анадырского залива (2001).

Из всего вышеизложенного можно отметить следующие закономерности пространственно-временного распределения икры, личинок и сеголеток минтая в северо-западной части Берингова моря. На протяжении многих лет отмечалось наличие, по крайней мере, одного центра воспроизводства, подтверждаемого высокими концентрациями икры, личинок и сеголеток минтая, расположенного к югу от м. Наварин (рис. 2). Именно здесь существует круговорот, формирующий зону высокой биологической продуктивности [Хен, 1988; Шунтов, 2001], что, видимо, обуславливает высокую выживаемость минтая в раннем онтогенезе.

Наряду с присутствием нереста «местного» минтая в северо-западной части Берингова моря, исследователями отмечены миграции минтая из восточной части моря. При высокой численности минтая, наблюдавшейся в середине 80-х годов, в весенний период отмечались миграции половозрелого минтая как из глубоководной котловины, так и с восточно-берингоморского шельфа. В период низкой численности запасов отмечаются только миграции с восточно-берингоморского шельфа. Сезонная изменчивость пространственного распределения размерных групп минтая ранее отмечалась рядом авторов [Радченко, Соболевский, 1992; Фадеев, Грицай, 1999; Датский, 2016; Степаненко, Грицай, 2016]. Данные промысловых уловов свидетельствуют о том, что в зимне-весенний период в уловах преобладают младше возрастные особи, тогда как в летний период доля старше возрастного минтая в уловах возрастает, достигая максимальных значений в июне-июле. В сентябре, после возвратной миграции минтая в воды США, в уловах вновь начинают преобладать рыбы длиной до 35–40 см. Данные сезонной динамики размерно-возрастного состава и изменчивости запасов указывают на присутствие в северо-западной части моря «мигрантов» с восточно-берингоморского шельфа (ИЭЗ США).

Таким образом, с одной стороны, мы имеем бесспорные доказательства существования локального нереста минтая в Наваринском районе, а, с другой стороны, также бесспорны миграции «чужого» минтая в воды этого района. Какова их степень смешиваемости? Видимо, она весьма непостоянна и подвержена значительной сезонной и межгодовой изменчивости.

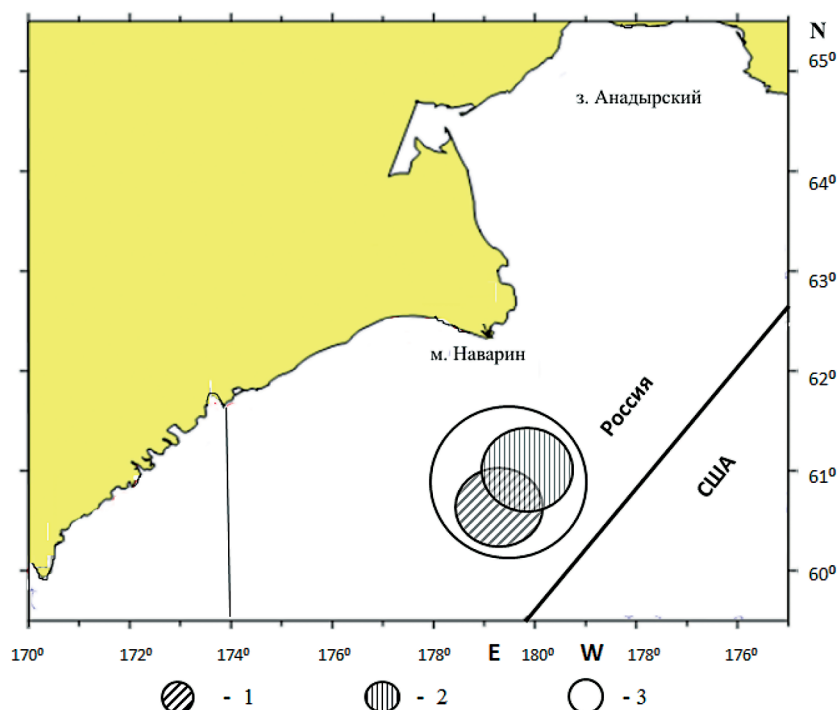


Рис. 2. Схематичное распределение икры (1), личинок (2) и сеголеток (3) минтая в Наваринском районе
Fig. 2. Schematic distribution of eggs (1), larvae (2) and fingerlings (3) of walleye pollock in the Navarin area

Ответ на этот вопрос можно получить в будущем, проводя специальные исследования.

ПРОМЫСЕЛ

Работы, выполненные совместными экспедициями ВНИРО и ТИНРО в 1958–1964 гг., позволили сделать вывод о перспективности тралового промысла в северо-западной части Берингова моря [Котенёв, 1970]. Однако промысловое освоение Наваринского района было начато лишь в конце 70-х годов XX века, после вытеснения наших рыбаков из 200-мильной экономической зоны США. В дальнейшем, на протяжении более чем 40-летней истории промысла, этот Наваринский район стал вторым по значимости районом отечественного рыболовства. Несмотря на то, что история широкомасштабного промысла ведёт своё начало с конца 70-х годов, уже в 1981 г. рыбаки достигли исторического максимума вылова, который не превзойдён до настоящего времени, – 900 тыс. тонн. Начиная с 1982 г. наблюдалось достаточно плавное снижение вылова до уровня около 500 тыс. тонн (1984–1987 гг.), после чего было отмечено довольно резкое увеличение вылова – до 852 тыс. тонн (1988 г.). Следует отметить, что в это время отсутствовали ограничения промысла, касавшиеся как объёмов вылова, так и минимальной промысловой меры (таблица).

Дальнейший период (с 1990 по 1995 гг.) характеризовался очень низким уровнем вылова – от 178

(1991, 1994 гг.) до 389 (1993 г.) тыс. тонн, после чего наблюдались периоды высоких и средних уловов – около 750–600 тыс. тонн [Фадеев, Веспестад, 2001]. Практически двукратное снижение (до 318 тыс. тонн) вылова было отмечено в 2000 г., однако в 2001 г. вылов увеличился более чем на 70% и достиг 536 тыс. тонн. В среднем уловы за период с 1979 по 1999 гг. составили 521 тыс. тонн. Превышение среднего уровня изъятия отмечалось в 1981–1983, 1986, 1988, 1989, 1996–1999 гг.

Период, начинающийся с 2000 г., характеризовался более жёсткими ограничениями рыболовства – установлением промысловой меры и переходом на более крупную ячею в тралах, но самым важным явилось то, что материалы, обосновывающие объёмы вылова, стали представляться на независимую государственную экологическую экспертизу. Для этого периода средний ежегодный вылов составил 375 тыс. тонн. Превышение средних уловов отмечено в 2001–2008 гг., 2016–2017 гг. и в 2019 г.

Известно, что вылов не может адекватно отражать состояние запасов, так как объём промыслового изъятия, в первую очередь, связан с интенсивностью рыболовства: количеством промысловых усилий и продолжительностью тралений. В качестве основного критерия используем данные ежесуточных уловов крупнотоннажного промыслового флота (таблица). При сопоставлении необходимо, как в случае с исто-

Таблица. Вылов минтая (тыс. тонн) в Наваринском районе Берингова моря в 1978–2021 гг. и средний улов на судо-сутки крупнотоннажного флота

Table. Pollock catch (thousand tons) in the Navarin area of the Bering Sea in 1978–2021 and the average catch per unit effort (CPUE) of large vessels

Год	Наваринский район (к востоку от 174 в. д.)	CPUE, улов на судо-сутки, т	Год	Наваринский район (к востоку от 174 в. д.)	CPUE, улов на судо-сутки, т
1978	208	нет данных	2000	375	37
1979	285	63	2001	536	42
1980	620	70	2002	384	48
1981	900	78	2003	415	57
1982	804	84	2004	422	68
1983	722	77	2005	444	71
1984	503	73	2006	442	75
1985	488	78	2007	449	61
1986	570	75	2008	450	53
1987	463	78	2009	228	46
1988	852	83	2010	273	55
1989	684	78	2011	283	56
1990	232	66	2012	339	60
1991	178	86	2013	310	61
1992	315	84	2014	277	60
1993	389	86	2015	304	60
1994	178	58	2016	432	65
1995	320	96	2017	416	69
1996	753	96	2018	374	69
1997	680	80	2019	377	85
1998	604	52	2020	361	92
1999	596	28	2021	351	68

рией промысла, учитывать данный показатель для двух периодов отдельно. Поэтому рассмотрим два этапа – до 1998 г. и после. Средний уровень уловов на усилие для первого этапа составил 77,0 тонны. Превышение уловов на усилие над средними значениями отмечалось в 1981–1982 гг. (вылов – 900 и 804 тыс. тонн), 1985 г., 1987–1989 гг. (вылов составлял 463–852 тыс. тонн). В период 1991–1993 гг., несмотря на высокие уловы на усилие – более 84 тонн, вылов находился на низком уровне и составлял 178–389 тыс. тонн. Следует отметить, что в эти годы произошёл развал СССР, приведший к разрыву экономических связей и гиперинфляции, негативно отразившихся на результативности промысла минтая в Наваринском районе. Суточные уловы минтая в 1995–1997 гг. существенно превысили среднегодовые значения и достигли рекордного уровня – 96 тонн. Именно в эти годы отмечен 4-й по значимости результат вылова – 753 тыс. тонн. Сравнение вылова и уловов на усилие показало, что практически везде максимальные показатели совпадали. Исключение составили

1991–1993 гг., что связано с известными событиями в нашей стране, вызвавшими значительные трудности в подготовке судов на промысел (резкий переход к рынку, отразившийся на снижении эффективности управления, снабжения, исключительно высокая инфляция, недоступность кредитных ресурсов).

Второй этап характеризовался снижением среднего суточного вылова до 60,3 тонны. Показатели уловов на усилие (CPUE) выше среднееголетнего уровня отмечались в 2004–2007 гг. – от 61 до 75 тонн/судо-сутки, именно в этот период отмечался вылов, существенно превышавший среднеегоголетнее значение (375 тыс. тонн) – 422–449 тыс. тонн (таблица).

Отмеченные в 2016–2021 гг. уловы на судо-сутки, существенно превышавшие среднеегоголетние показатели – 65–92 тонны, не привели к значительному вылову, составившему более 400 тыс. тонн лишь в 2016–2017 гг. Несмотря на то, что уловы на усилие в 2019–2020 гг., достигли рекордных значений – 85–92 тонны, это также не привело к значительным уловам. Данная ситуация, видимо, объясняется тем, что

существовавший в последние годы резерв запасов минтая не был рекомендован в оптимальном объеме, что и привело к заниженным объемам вылова.

ДИНАМИКА ЗАПАСОВ

Анализ проведенных многовариантных расчетов показал, что наиболее стабильные результаты дало использование варианта модели TISVPA, в котором допускается наличие ошибок как в данных по возрастному составу уловов, так и в сепарабельном описании промысловой смертности. Дополнительно обеспечивается несмещенность описания моделью логарифмов возрастного состава уловов.

Диапазон возрастных групп, использованных в расчетах, составил от 1 до 10+, где под 10+ подразумеваются особи в возрасте 10 лет и старше. В выполненных расчетах g -факторы оценивались и применялись для возрастных групп 3–8, поскольку расширение возрастного диапазона с включением более младших и старших возрастных групп для оценки g -факторов снижало устойчивость оценок.

Как показывает анализ матрицы оценок относительной селективности промысла, представленной на рис. 3, отдельные поколения имеют явные особенности во взаимодействии с промыслом, в связи с чем использованное нами в расчетах уточненное трёхпараметрическое сепарабельное представление коэффициентов промысловой смертности может считаться полезным для описания реального взаимодействия запаса с промыслом. Дело в том, относительная селективность промысла часто име-

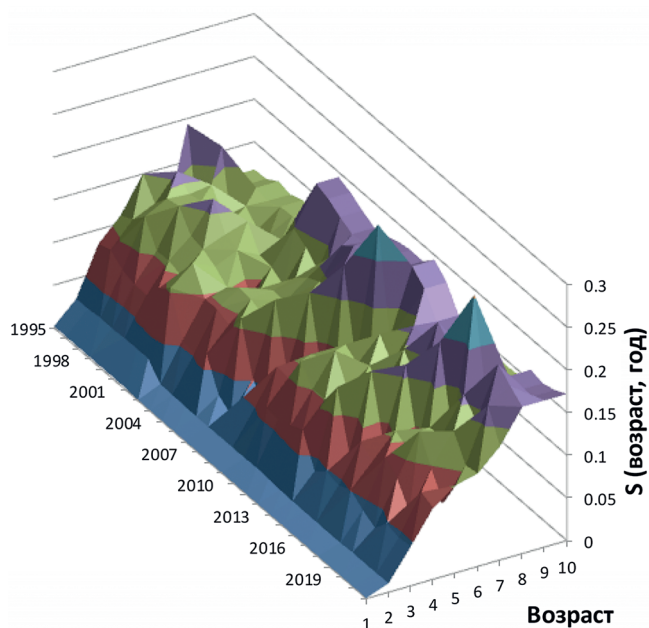


Рис. 3. Оценки относительной селективности промысла минтая в 1995–2021 гг.

Fig. 3. Pollock selection pattern estimates in 1995–2021

ет существенные отличия от среднемноголетней за счёт отличий во взаимодействии различных поколений с промысловыми флотами, вызванных, например, их различным пространственным распределением, большей притягательностью для промысла более многочисленных поколений или другими причинами.

На рис. 4 представлена динамика запаса минтая в Наваринском районе в сравнении с уловами на единицу

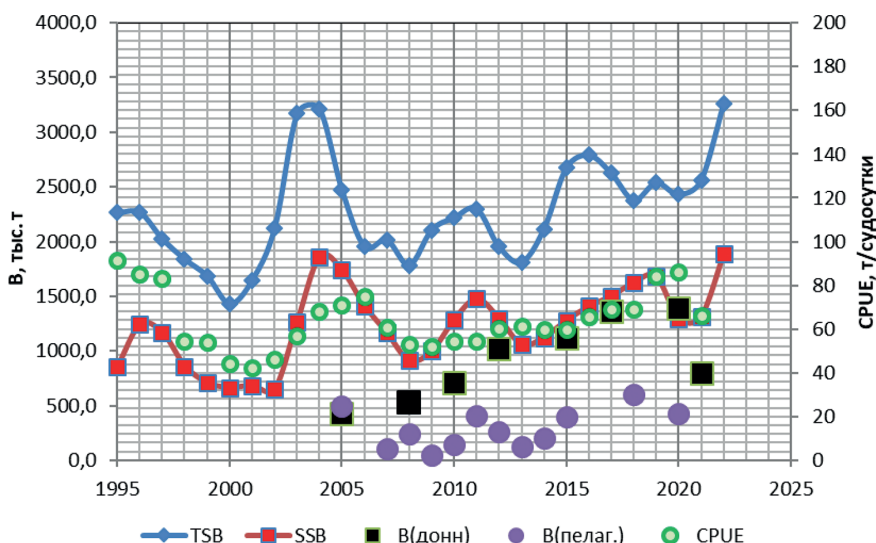


Рис. 4. Динамика общего (TSB) и нерестового (SSB) запаса минтая в Наваринском районе в сравнении с уловами на единицу усилия (CPUE) и оценками биомассы по донным и пелагическим съёмкам в 1995–2022 гг.

Fig. 4. Dynamics of total (TSB) and spawning (SSB) stock biomass for pollock in Navarin area compared to catches per unit effort (CPUE) and biomass estimates from bottom and pelagic surveys in 1995–2022

ницу усилия и оценками биомассы по донным и пелагическим съёмкам в 1995–2022 гг.

Динамика запасов характеризовалась наличием пяти периодов высокой биомассы. Первый максимум промысловой биомассы отмечен в 1995–1996 гг., следующие наблюдались в 2003–2004, 2011, 2016 гг. Очередной максимум пришёлся на 2022 г. и был вызван исключительно высокой численностью поколения 2018 года рождения, что позволило существенно увеличить объём ОДУ в 2022 г.

Для минтая в Наваринском районе повышенные значения селективности для поколений 2000–2002 и 2005–2007 гг. рождения могут быть связаны с их более высокой численностью (рис. 5).

На рис. 6 динамика биомассы нерестового запаса минтая в Наваринском районе сопоставлена с оценками, полученными для восточноберингоморского запаса [Iannelli et al., 2021]. Следует отметить, что тенденция динамики нерестового запаса изменялась синхронно в 1995–2011 гг. и 2019–2021 гг. Тогда как

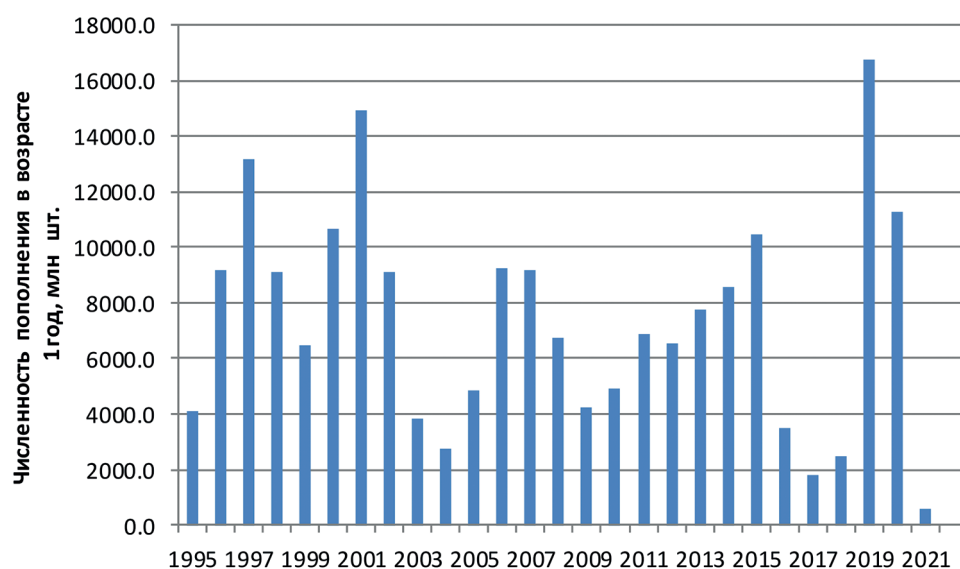


Рис. 5. Оценки численности пополнения минтая в возрасте 1 год

Fig. 5. Estimates of pollock abundance at age 1

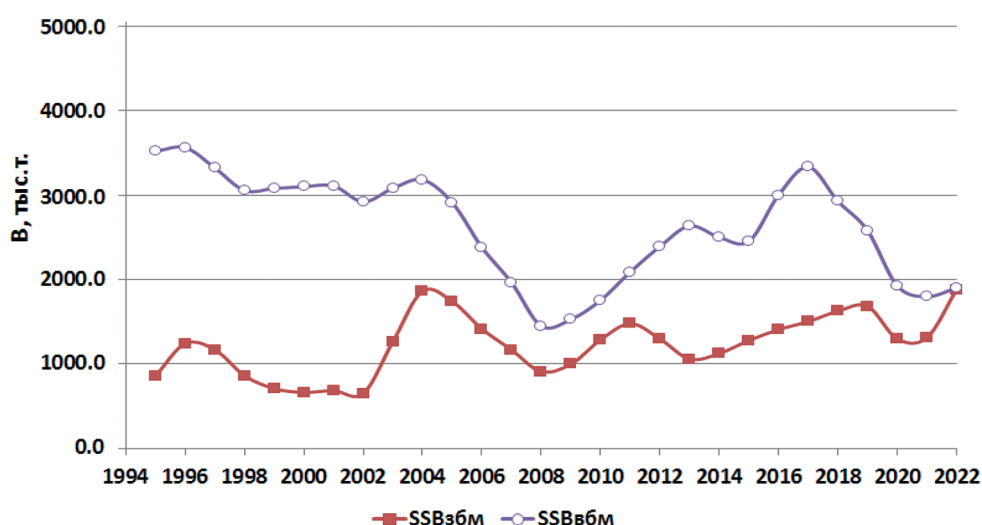


Рис. 6. Динамика биомассы нерестового запаса минтая в Наваринском районе (SSBзбм) и восточной части Берингова моря (SSBвбм) в 1995–2022 гг.

Fig. 6. Pollock spawning stock dynamics in Navarin area (SSBзбм) and in the eastern Bering Sea (SSBвбм)

в остальное время синхронности не наблюдалось. Согласно расчётным данным, ожидается, что значения биомасс впервые могут совпасть в 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Материалы пространственно-временного распределения текучих самок, икры, личинок и сеголеток минтая Наваринского района позволяют с уверенностью говорить о том, что в этом районе Берингова моря существуют репродуктивно изолированные группировки зимне- и весенне-нерестующего минтая. Однако, следует отметить, что отсутствие ихтиопланктонных сборов в зимний период до сих пор оставляет открытым вопрос о масштабах зимнего нереста.

В Наваринском районе отмечена высокая изменчивость численности поколений, вступающих в промысловый запас, что необходимо учитывать при выборе математического метода оценки запасов. Использование в расчётах среднескользящих значений пополнения неизбежно приведёт к серьёзным ошибкам.

В 2022 г. отмечен исторический максимум нерестового запаса, что позволило учёным ФГБНУ «ВНИРО» обосновать существенную корректировку ОДУ в сторону увеличения.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках Госзадания ВНИРО.

ЛИТЕРАТУРА

- Балыкин П.А., Варкентин А.И. 2002. Распределение икры, личинок и сеголеток минтая *Theragra chalcogramma* (Gadidae) в северо-западной части Берингова моря // Вопросы ихтиологии. Т. 42. № 6. С. 798–805.
- Булатов О.А. 1986. Распределение икры и личинок тресковых (подсем. Gadinae) в тихоокеанских водах Камчатки и западной части Берингова моря // Тресковые дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. С. 89–101.
- Булатов О.А. 1987. Икра и личинки минтая в восточной части Берингова моря // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 100–114.
- Булатов О.А. 2014. Промысел и запасы минтая: возможна ли турбулентия? // Вопросы рыболовства. Т. 15, № 4. С. 350–390.
- Булатов О.А., Кулешова М.И. 1994. Весенне-летний ихтиопланктон западной части Берингова моря // Известия ТИНРО. Т. 115. С. 57–73.
- Глубоков А.И., Котенёв Б.Н. 2006. Популяционная структура минтая *Theragra chalcogramma* в северной части Берингова моря. М.: ВНИРО. 200 с.
- Горбунова Н.Н. 1954. Размножение и развитие минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas). // Труды ИО АН СССР. Т. 11. С. 132–195.
- Датский А.В. 2016. Особенности биологии массовых рыб в Олюторско-Наваринском районе и прилегающих водах Берингова моря. 1. Семейство Тресковые (Gadidae) // Вопросы ихтиологии. Т. 56. № 6. С. 705–725. <https://doi.org/10.7868/S0042875216050039>
- Качина Т.Ф., Балыкин П.А. 1981. Нерест минтая в западной части Берингова моря // Экология, запасы и промысел минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 63–72.
- Котенёв Б.Н. 1970. Распределение в Беринговом море участков дна, пригодных для тралового промысла // Труды ВНИРО. Т. 72. Известия ТИНРО. Т. 70. С. 70–77.
- Муслиенко Л.Н. 1963. Ихтиопланктон Берингова моря (по материалам берингоморской экспедиции ТИНРО и ВНИРО 1958–1959 гг.) // Известия ТИНРО. Т. 50. Труды ВНИРО. Т. 48. С. 239–269.
- Муслиенко Л.Н. 1970. Размножение и развитие рыб Берингова моря // Известия ТИНРО. Т. 72. Труды ВНИРО. Т. 70. С. 166–224.
- Радченко В.И., Соболевский Е.И. 1992. Сезонная динамика пространственного распределения минтая *Theragra chalcogramma* в Беринговом море // Вопросы ихтиологии. Т. 32. № 5. С. 84–96.
- Сербобаба И.И. 1968. Нерест минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) в северо-восточной части Берингова моря // Вопросы ихтиологии. Т. 8. Вып. 6. С. 992–1003.
- Соболевский Е.И., Чеблукова Л.В., Радченко Е.И. 1991. Пространственное распределение сеголеток минтая в западной части Берингова моря // Вопросы ихтиологии. Т. 31. № 5. С. 766–778.
- Степаненко М.А., Грицай Е.В. 2016. Состояние ресурсов, пространственная дифференциация и воспроизводство минтая в северной и восточной частях Берингова моря // Известия ТИНРО. Т. 185. С. 16–30.
- Фадеев Н.С. 1981. Сроки размножения и нерестовых подходов минтая // Экология, запасы и промысел минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 3–18.
- Фадеев Н.С., Веспестад В. 2001. Обзор промысла минтая // Известия ТИНРО. Т. 128. С. 58–74.
- Фадеев Н.С., Грицай Е.В. 1999. Промысел и размерно-возрастной состав минтая в северной части Берингова моря // Известия ТИНРО. Т. 126, ч. 1. С. 237–245.
- Хен Г.В. 1988. Сезонная и межгодовая изменчивость вод Берингова моря и ее влияние на распределение и численность гидробионтов Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: ВНИРО, 24 с.
- Шунтов В.П. 2001. Биология дальневосточных морей России. Т.1. Владивосток: ТИНРО. 2001. 580 с.
- Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. 426 с.
- Bulatov O.A., Kotenev B.N. 2003. Winter spawning of Alaska pollock in the north Bering Sea // 7th Int. Symp. Of Reproductive Phyology of Fish May 18–23, 2003 in Mie,

- Japan. Progr. And Abstracts, Nat. Res. Inst. Of Aquacult., Fish. Res. Agency, Nansei, Watarai, Mie 516–0193, Japan. P. 69.
- Ianelli J., Fissel B., Stienessen S., Honkalehto T., Siddon E., Allen-Akselrud C. 2021. 2021 Assessment of the walleye pollock Stock in the Eastern Bering Sea. <https://www.fisheries.noaa.gov/resource/data/2021-assessment-walleye-pollock-stock-eastern-bering-sea>. 20.09.2022.
- Methot R.D. 1990. Synthesis model: an adaptable framework for analysis of diverse stock assessment data // Int. North. Pac. Fish. Comm. Bull. V. 50. Pp. 259–277.
- Nielsen A., Berg C.W. 2014. Estimation of time-varying selectivity in stock assessments using state-space models // Fisheries Research. V. 158. Pp. 96–101.
- Vasilyev D. 2005. Key aspects of robust fish stock assessment. M.: VNIRO Publish. 105 p.
- Musienko L.N. 1970. Reproduction and development of fish in the Bering Sea. // Izvestiya TINRO. V.72: Trudy VNIRO. V.70. P. 166–224. (In Russ.)
- Radchenko A.I., Sobolevskyi E.I. 1992 Seasonal dynamics of spatial distribution of pollock *Theragra chalcogramma* in the Bering Sea // J. of Ichthyology. V. 32. No. 5. P. 84–96. (In Russ.)
- Serobaba I.I. 1968. Spawning of pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas) in the northeastern part of the Bering Sea // J. of Ichthyology. V. 8. Is. 6. P. 992–1003. (In Russ.)
- Sobolevsky E.I., Cheblukova L.V., Radchenko E.I. 1991. Spatial distribution of pollock fingerlings in the western part of the Bering Sea // J. of Ichthyology. V.31. No.5. P. 766–778. (In Russ.)
- Stepanenko M.A., Gritsai E.V. 2016. State of resources, spatial differentiation and reproduction of walleye pollock in the northern and eastern parts of the Bering Sea // Izvestiya TINRO. V. 185. P. 16–30. (In Russ.)
- Fadeev N.C. 1981. Terms of reproduction and spawning approaches of walleye pollock // Ecology, stocks and fishery of pollock. Vladivostok: TINRO. P. 3–18. (In Russ.)
- Fadeev N.S., Gritsai E.V. 1999. Fishery and size-age composition of walleye pollock in the northern part of the Bering Sea // Izvestiya TINRO. V. 126, part 1. Pp. 237–245. (In Russ.)
- Fadeev N.S., Vespestad V. 2001. Pollock fishery revue. // Izvestiya TINRO. V. 128. P. 58–74. (In Russ.)
- Hen G.W. 1988. Seasonal and interannual variability of the waters of the Bering Sea and its influence on the distribution and abundance of aquatic organisms. PhD Abstract. Moscow: VNIRO. 24 P. (In Russ.)
- Shuntov V.P. 2001. Biology of the Far Eastern Seas of Russia. Vol. 1 Vladivostok: TINRO. 580 p. (In Russ.)
- Shuntov V.P., Volkov A.F., Temnykh O.S., Dulepova E.P. 1993. Pollock in the ecosystems of the Far Eastern seas. Vladivostok: TINRO. 426 p. (In Russ.)
- Ianelli J., Fissel B., Stienessen S., Honkalehto T., Siddon E., Allen-Akselrud C. 2021. 2021 Assessment of the walleye pollock Stock in the Eastern Bering Sea. <https://www.fisheries.noaa.gov/resource/data/2021-assessment-walleye-pollock-stock-eastern-bering-sea>. 20.09.2022.
- Methot R.D. 1990. Synthesis model: an adaptable framework for analysis of diverse stock assessment data // Int. North. Pac. Fish. Comm. Bull. V. 50. Pp. 259–277.
- Nielsen A., Berg C.W. 2014. Estimation of time-varying selectivity in stock assessments using state-space models // Fisheries Research. V. 158. Pp. 96–101.
- Vasilyev D. 2005. Key aspects of robust fish stock assessment. M.: VNIRO Publish. 105 p.
- Balykin P.A., Varkentin A.I. 2002. Distribution of eggs, larvae and fingerlings of walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Gadidae) in the north-western part of the Bering Sea // J. of Ichthyology. V.42. No. 6. P. 798–805 (In Russ.)
- Bulatov O.A. 1986. Distribution of cod eggs and larvae (subfamily Gadinae) in the Pacific waters of Kamchatka and the western part of the Bering Sea // Codfish of the Far East seas. Vladivostok: TINRO. P. 89–101. (In Russ.)
- Bulatov O.A. 1987. Pollock eggs and larvae in the eastern part of the Bering Sea // Population structure, population dynamics and pollock ecology. Vladivostok: TINRO. P. 100–114. (In Russ.)
- Bulatov O.A. 2014. Pollock fishery and stocks: is turbulence possible? // Problems of fisheries. V. 15. No. 4. P. 350–390. (In Russ.)
- Bulatov O.A., Kuleshova M.I. 1994. Spring-summer ichthyoplankton of the western part of the Bering Sea // Izvestiya TINRO. V. 115. P. 57–73. (In Russ.)
- Glubokov A.I., Kotenev B.N. 2006. Population structure of pollock *Theragra chalcogramma* in the North Bering Sea. M: VNIRO Publish. 200 P. (In Russ.)
- Gorbunova N.N. 1954. Reproduction and development of pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas) // Proceedings of IO AS USSR. V. 11. P. 132–195. (In Russ.)
- Datskiy A.V. 2016. Features of the biology of mass fishes in the Olyutorsko-Navarinsky district and adjacent waters of the Bering Sea. 1. The Cod family (Gadidae) // J. of Ichthyology. V. 56. No. 6. P. 705–725. <https://doi.org/10.7868/S0042875216050039> (In Russ.)
- Kachina T.F., Balykin P.A. 1981. Pollock spawning in the western part of the Bering Sea // Ecology, stocks and fishery of pollock. Vladivostok: TINRO. P. 63–72. (In Russ.)
- Kotenev B.N. 1970. Distribution in the Bering Sea of bottom areas suitable for trawl fishing // Trudy VNIRO. T.72. Izvestiya TINRO. T. 70. pp. 70–77. (In Russ.)
- Musienko L.N. 1963. Ichthyoplankton of the Bering Sea (based on the materials of the Bering Sea expedition of TINRO and VNIRO 1958–1959) // Izvestiya TINRO. V. 50: Proceedings of VNIRO. V.48. 1963. P. 239–269. (In Russ.)

Поступила в редакцию 01.09.2022 г.
Принята после рецензии 15.09.2022 г.



Промысловые виды и их биология

О некоторых вопросах воспроизводства минтая в тихоокеанских водах, прилегающих к Камчатке и северным Курильским островам в 2013–2022 гг.

А.И. Варкентин, Д.Я. Саушкина

Камчатский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО»), ул. Набережная, 18, г. Петропавловск-Камчатский, 683000
E-mail: varkentin.a.i@kamniro.ru

Цель: охарактеризовать некоторые вопросы воспроизводства восточнокамчатского минтая в последние 10 лет.

Методы: комплексные (ихтиопланктонные, гидрологические) съёмки в тихоокеанских водах, прилегающих к полуострову Камчатка и северным Курильским островам, обловы в эпицентре нереста минтая – «Северном» каньоне, расположенном в Авачинском заливе, послонные обловы в каньонах и на шельфе.

Новизна: дополнены имеющиеся на сегодняшний день сведения об основных районах икрметания восточнокамчатского минтая, представлены новые данные о состоянии нерестового запаса, вертикальном распределении икры на разных стадиях развития.

Результаты: в рассматриваемый период основное икрметание минтая в Авачинском и Кроноцком заливах протекало над глубоководными каньонами, а на шельфе у Юго-Восточной Камчатки и северных Курильских островов – на всей обследованной акватории, в некоторые годы – южнее о. Парамушир. По результатам ихтиопланктонных исследований, модельных расчётов, пик нерестового запаса восточнокамчатского минтая пришёлся на 2010 г., после чего он плавно снижался. В настоящее время ресурсы находятся на среднем уровне. Горизонты основного икрметания минтая в глубоководных каньонах изменяются в межгодовом аспекте. По мере развития икры, в результате внутренних процессов, происходящих в каньонах (внутренние волны), она то поднимается, то опускается в нижележащие слои воды.

Практическая значимость: результаты работы могут быть использованы для усовершенствования метода оценки текущего и перспективного состояния запасов, обоснования ОДУ восточнокамчатского минтая.

Ключевые слова: районы нереста, учтённая икра, продукция, нерестовый запас, вертикальное распределение икры.

Some issues of walleye pollock reproduction in the pacific waters adjacent to the Kamchatka peninsula and the northern Kuril Islands in 2013–2022.

Aleksandr I. Varkentin, Darya Y. Saushkina

Kamchatka branch of «VNIRO» («KamchatNIRO»), 18, Nabereznaya, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000, Russia

Purpose: To characterize some issues of East Kamchatka pollock reproduction in the last 10 years.

Methods: complex (ichthyoplankton and hydrological) surveys in the Pacific waters adjacent to the Kamchatka Peninsula and the northern Kuril Islands, surveys in the spawning center – the “North” canyon, located in Avacha Bay, layer-by-layer surveys in the canyons and on the shelf.

Novelty: the currently available data on the main spawning areas of the Eastern Kamchatka pollock were supplemented, new data on the state of the spawning stock, vertical distribution of eggs at different stages of development were presented.

Results: During the period under consideration, the main pollock spawning in Avacha and Kronotsky bays occurred above deep-water canyons, and on the shelf near southeastern Kamchatka and northern Kuril Islands – in the whole surveyed water area, in some years – to the south of the island Paramushir. According to the results of ichthyoplankton surveys, model calculations, the spawning stock of the Eastern Kamchatka pollock peaked in 2010, and then it gradually decreased. Currently, resources are at an average level. Horizons of the main pollock spawning in deep-water canyons change in an inter-annual aspect. In addition, as egg development, as a result of internal processes occurring in the canyons (internal waves), it, then rises, then falls in the underlying layers of water.

Practical significance: The results of the work can be used to improve the method of assessment of the current and prospective state of stocks, justification of the TAC of the Eastern Kamchatka pollock.

Keywords: spawning areas, accounted eggs, production, spawning stock, vertical distribution of eggs.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из относительно крупных популяций минтая *Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814 в пределах ареала вида является восточнокамчатская. Основные районы икрометания располагаются в глубоководных каньонах Авачинского и Кроноцкого заливов, а также на расширенном участке шельфа у юго-восточного побережья Камчатки и северных Курильских островов. Пик массового нереста для всей популяции приходится на третью декаду апреля [Золотов, Антонов, 1986; Буслов, 2004], хотя в отдельных районах сроки его несколько различаются. После икрометания производители распределяются вдоль всего шельфа и свала глубин. Значительный поток нагульных миграций прослеживается в южном направлении в сторону северных Курильских островов. Осенью рыбы, составляющие основу нерестового запаса, смещаются на верхнюю часть материкового склона и постепенно начинают мигрировать к местам воспроизводства, где концентрируются к февралю–марту [Золотов, Антонов, 1986; Буслов, 2001]. Скопления ранней молодежи приурочены, как правило, к районам размножения и обильны в южных частях заливов и на мелководье юго-восточного побережья. Значимого размножения в Камчатском заливе, а также южнее Четвёртого Курильского пролива нет [Буслов, Тепнин, 2007; Буслов, 2008]. В годы высокого уровня запасов восточнокамчатский минтай в апреле нерестится у Юго-Западной Камчатки (до 53-й параллели) и в охотоморских водах, омывающих северные Курильские острова [Buslov, Varkentin, 2008; Буслов, 2009].

К настоящему времени особенности размножения минтая этой популяции изучены довольно основательно, что во многом объясняется наличием в Камчатском филиале ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО») научно-исследовательских судов и близостью расположения основных районов нереста минтая к г. Петропавловск-Камчатский, что позволяет ежегодно, в течение практически всего периода воспроизводства (марте–мае) проводить здесь комплексные (ихтиопланктонные, гидрологические) съёмки. В результате многолетних исследований, которые выполняются с 1974 г., подробно изучены особенности воспроизводства минтая [Золотов, Антонов, 1986; Антонов, 1991], в т. ч. на отдельных участках ареала размножения – в глубоководных каньонах Авачинского залива [Буслов и др., 2004], в тихоокеанских водах северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки [Буслов, 2001; Буслов, Тепнин, 2007], в Кроноцком заливе [Сергеева, 2019]. Проведены специальные исследования по влиянию на нерест восточнокамчатского минтая динамики вод [Балыкин, Тепнин, 1998],

изучены особенности эмбриогенеза [Буслов, Сергеева, 2009], разработаны методики определения даты начала нереста [Сергеева и др., 2012], оценки убыли и продукции икры в каньонах Авачинского залива [Ильин, Сергеева, 2014; Ильин, Саушкина, 2022].

Результаты ежегодных ихтиопланктонных съёмок по учёту выметанной икры восточнокамчатского минтая находят своё практическое применение при оценке ресурсов рыб этой популяции. С 2007 г. для этих целей используется модельный подход – когортная модель «Синтез» [Ильин и др., 2014], в которой в качестве индексов для настройки применяются оценки биомассы производителей, общее количество выметанной икры на полигонах Авачинского залива и у Юго-Восточной Камчатки, продукция икры в эпицентре нереста, расположенном в «Северном» каньоне Авачинского залива.

Следует отметить, что, несмотря на обилие публикаций, посвящённых воспроизводству восточнокамчатского минтая, последние сведения об интенсивности нереста, особенностях распределения икры рыб этой популяции на всём ареале размножения ограничиваются 2006 г. [Буслов, 2008], межгодовой динамике нерестового запаса, индексах, используемых в модельных расчётах – 2019 г. [Варкентин и др., 2021]. Настоящая публикация призвана восполнить создавшийся информационный пробел, при этом для исследования выбран последний 10-летний период, включая 2022 г., как наиболее важный с практической точки зрения.

Таким образом, цель работы – охарактеризовать некоторые вопросы воспроизводства восточнокамчатского минтая в последние 10 лет. Поставлены следующие задачи: описать районы размножения; представить сведения об общем количестве выметанной икры минтая на стандартных полигонах, состоянии нерестового запаса; описать особенности вертикального распределения икры минтая.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКИ

В основу статьи положены результаты комплексных (ихтиопланктонных, гидрологических) исследований, выполненных на полигонах в Кроноцком и Авачинском заливах, у Юго-Восточной Камчатки и северных Курильских островов, а также в глубоководном «Северном» каньоне, расположенном в Авачинском заливе, в зимне-весенний период 2013–2022 гг. на научно-исследовательских судах «КамчатНИРО» и «БИФ-ВНИРО» (табл. 1).

За рассматриваемый период все полигоны полностью удалось обследовать только дважды – в 2016 и 2021 гг. (см. табл. 1). Практически ежегодно исследо-

Таблица 1. Информация о проведённых комплексных (ихтиопланктонных, гидрологических) исследованиях в тихоокеанских водах, прилегающих к полуострову Камчатка и северным Курильским островам**Table 1.** Information on complex (ichthyoplankton, hydrological) surveys conducted in Pacific waters adjacent to the Kamchatka Peninsula and the northern Kuril Islands

Год	Судно	Полигон				
		«Северный» каньон	Кроноцкий залив	Авачинский залив	Юго-Восток	Северные Курилы
2013	МРТК-316, МРТК «Инженер Мартынов»	21.02; 06, 31.03; 5, 15, 22.04; 4.05 7/7*	5–7.05 24/24	22, 25–27.04 31/31	27.04, 7–8.05 33/28	–
2014	МРТК-316, МРТК «Инженер Мартынов»	12, 18, 21, 25.03; 5, 10, 22, 30.04 8/6	–	15–18.04 65/63	–	–
2015	СТР «Казакевичи», СТР «Огни»	24, 30.01; 7, 9, 12, 16, 19, 22, 25.02, 21.04 10/0	–	–	–	–
	НИС «Дмитрий Песков»	–	–	–	27–29.04 37/0	26–27.04 35/0
2016	МРТК-316	23.04; 3, 7.05 3/1	4–7.05 29/0	24–25.04 31/30	27–28.04 31/30	–
	НИС «Дмитрий Песков»	–	–	–	–	3–10.05 66/0
2017	МРТК «Инженер Мартынов»	14, 22, 24, 28.03; 1.04; 3.05 6/6	1–3.05 23/16	18–20, 26–27, 30.04; 1.05 34/34	25–26.04 32/29	–
2018	МРТК «Инженер Мартынов»	16, 22, 25.03; 3, 7.04 5/4	24–25.04; 1–2.05 28/28	10–12.04 34/33	18–20.04 31/29	–
2019	МРТК «Инженер Мартынов»	9, 11, 12.04 3/3	28–30.04 26/20	14–16.04 38/38	21–22.04 33/32	–
2020	МРТК «Инженер Мартынов»	7, 20.03; 10, 13, 15, 29.04; 11.05 9/7	29.04–1.05 29/29	20–21.04 32/32	–	–
	НИС «Дмитрий Песков»	–	–	–	–	26–30.04 41/39
2021	МРТК «Инженер Мартынов»	24.04 1/0	6–7.05 29/29	23–25.04; 30.04–1.05 29/8	–	–
	НИС «Дмитрий Песков»	–	–	–	25–27.04 35/0	23–25.04 36/0
2022	МРТК «Инженер Мартынов»	23, 25.03; 5, 10.04 4/4	25–27.04 26/26	15–17, 19– 20.04 36/36	3–5.05 31/26	–

Примечание: * Над чертой – сроки работ, под чертой количество ихтиопланктонных / гидрологических станций.

вания проводились на полигонах в Кроноцком и Авачинском заливах, у Юго-Восточной Камчатки; у Северных Курил съёмки на судах «БИФ-ВНИРО» выполнены 4 раза.

Исследования проводили в 2 этапа. На первом этапе, начиная с марта, в некоторые годы – с января–февраля (2013, 2015 гг.), и до середины апреля, а в отдельные годы – до начала мая – выполняли тоталь-

ные обловы ихтиопланктона в реперной точке, расположенной в «Северном» каньоне Авачинского залива, по возможности, с периодичностью 3–5 сут. (рис. 1А). Основные задачи этого этапа – определить сроки начала массового нереста минтая и, при необходимости, скорректировать сроки начала учётной съёмки на всей акватории района исследований; рассчитать продукцию икры для получения индекса состояния

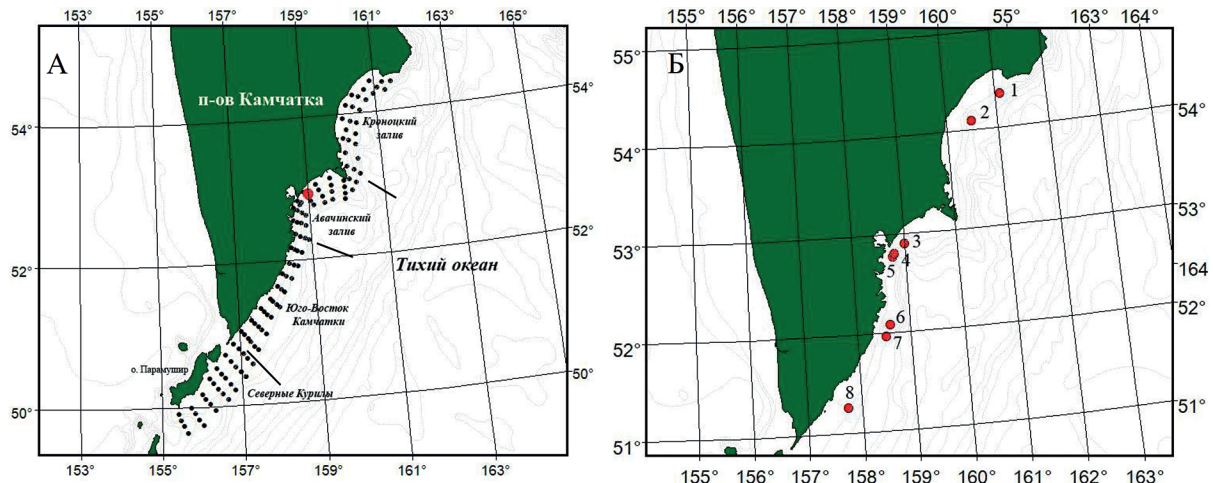


Рис. 1. Стандартная схема станций комплексной (ихтиопланктонной, гидрологической) съёмки в тихоокеанских водах Камчатки и северных Курильских островов и расположение реперной точки (выделена красным цветом) в «Северном» каньоне Авачинского залива (А), схема расположения станций послойных (красные круги) обловов в глубоководных каньонах Кроноцкого (1–2), Авачинского (3 – «Северный» каньон; 4 – «Центральный» каньон; 5 – «Южный» каньон) заливов, на шельфе у Юго-Восточной Камчатки (6–8) (Б)

Fig. 1. Standard scheme of stations of complex (ichthyoplankton, hydrological) survey in the Pacific waters of Kamchatka and northern Kuril Islands and location of reference point (highlighted in red) in “North” canyon of Avacha Bay (A), scheme of stations location of layer-by-layer (red circles) surveys in deep canyons of Kronotsky (1–2), Avacha (3 – “North” canyon; 4 – “Central” canyon; 5 – “Southern” canyon) bays, on the shelf near southeast Kamchatka (6–8) (B)

нерестового запаса. Всего в рассматриваемый период ежегодно выполняли от 1 до 5 обловов.

Работы проводили в одних и тех же координатах (52°54,7 с. ш., 159°01,0 в. д.) над глубиной 550 м. Тотальный облов выполняли от дна до поверхности. Исследования сопровождалось измерениями температуры и солёности воды посредством зондирующего гидрологического комплекса ASTD102 RINKO-Profiler (JFE Advantech Co., Ltd., Япония).

На втором этапе – ориентировочно с середины апреля по начало мая – выполняли учётную съёмку на всей акватории исследований над глубинами от 15 до 1750 м: сначала – на полигоне в Авачинском заливе, затем у юго-восточной оконечности Камчатки и северных Курильских островов до южной оконечности о. Парамушир, потом в Кроноцком заливе. Задачи этого этапа – оценить общее количество выметанной икры на всем нерестовом ареале восточнокамчатского минтая и определить нерестовый запас. С 2004 г. исследования проводятся по стандартной сетке станций (см. рис. 1 А). Ихтиопланктон облавливали в слое 600–0 м, а на меньших изобатах – от дна до поверхности. При выполнении обловов к сети прикрепляли гидрологический зонд для фиксации изменений температуры и солёности воды с глубиной.

В некоторые годы с целью выяснения особенностей вертикального распределения икры и личинок минтая в глубоководных каньонах Авачинского и Кро-

ноцкого заливов, на шельфе у юго-восточной оконечности полуострова выполняли послойные обловы (рис. 1Б, табл. 2). При этом в каньонах поочередно облавливали слои воды: 0–25, 25–50, 50–100, 100–200, 200–300, 300–400, 400–550 м, на шельфе – 0–25, 25–50, 50–100, 100–дно. Исследования сопровождалось измерением температуры и солёности воды посредством гидрологического зонда.

Для исследований использовали лебёдку с намотанным на барабан тросом диаметром 6,2 мм, общей длиной около 700 м. Длину вытравленного троса контролировали посредством блок-счётчика, через который трос выводили на грузовую стрелу. При помощи стрелы осуществляли спуск-подъём оборудования.

На каждой контрольной точке судно ложилось в дрейф рабочим бортом на ветер. Длину вытравленного троса определяли в зависимости от глубины места по эхолоту и угла наклона троса, который определяли визуально.

Обловы ихтиопланктона проводили стандартной сетью ИКС-80 (при выполнении послойных обловов использовали замыкатель), которую поднимали со скоростью 0,5–0,6 м/с. После подъёма снаряжения на палубу, нижнюю часть сети в развёрнутом поднятом виде обмывали водой и от неё отделяли накопительный стакан. Ихтиопланктон фиксировали в 4%-ном растворе формальдегида для последующей транспор-

Таблица 2. Сведения о выполненных послыонных обловах ихтиопланктона в тихоокеанских водах, прилегающих к полуострову Камчатка

Table 2. Information on layer-by-layer ichthyoplankton surveys in Pacific waters adjacent to the Kamchatka Peninsula

Год	Район	Сроки	Количество обловов
2013	«Северный» каньон	15.04	8
	«Центральный» каньон	15.04	8
	«Южный» каньон	15.04	7
	Шельф ЮБК*	08.05	3
2014	«Северный» каньон	12, 21.03; 05, 11, 22, 30.04	42
2015	—	—	—
2016	«Северный» каньон	23.04	7
	Шельф ЮБК	28.04	8
2017	«Северный» каньон	22, 24, 28.03; 1, 4–5.04	58
	«Центральный» каньон	4–5.04	27
2018	—	—	—
2019	«Северный» каньон	12.04	8
	Кроноцкий каньон	11.04	8
2020	«Северный» каньон	7.03; 10, 13, 15.04; 11–12.05	34
	Кроноцкий каньон	30.04	5

* — Юго-Восточная Камчатка

тировки проб и камеральной обработки в лабораторных условиях в «КамчатНИРО».

Камеральная обработка ихтиопланктонных проб заключалась в определении видового состава, подсчёте количества икринок, личинок, определении стадий развития эмбрионов по 4-бальной шкале Т.С. Рассы [1933], адаптированной для минтая Н.Н. Горбуновой [1951]. Для этого улов помещали в чашку Петри, из общей массы планктона отделяли ихтиопланктон. Для определения стадий развития эмбрионов 100 икринок либо всю пробу, если в ней менее 100 икринок, просматривали под биноклем. Среди икринок выделяли погибших, к которым относили и неоплодотворенные (без видимых признаков дробления) эмбрионы с нарушениями развития.

Для расчёта нерестового запаса минтая уловы икры по станциям сначала пересчитывали на 1 м². Уловистость сети принимали равной 1. Далее, с помощью программы ГИС «КартМастер 4.1» рассчитывали общее количество учтённой икры на каждой стадии развития для каждого обследованного полигона (см. рис. 1А). Данные интерполировали методом «2D-Сплайн аппроксимации».

Изменение суточной продукции начальной стадии развития в «Северном» каньоне аппроксимировали уравнением в частных производных [Ильин, Сергеева, 2014; Ильин, Саушкина, 2022].

Нерестовый запас по результатам ихтиопланктонных съёмок оценивали по методике Т.Ф. Качиной и Н.П. Сергеевой [1978]. Для модельных расчётов использовали когортную модель «Синтез» [Ильин и др., 2014].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Районы икрометания

Ранее специалистами было выделено два типа нереста восточнокамчатского минтая — глубоководный и шельфовый [Буслов, Тепнин, 2002; Буслов и др., 2004; Сергеева, 2019]. Первый наблюдается в вершинах глубоководных каньонов Авачинского залива над глубинами 400–500 м, что, по мнению А.В. Буслова [2008], является адаптацией к комплексу квазистационарных гидрологических условий, формирующихся в этих районах, благодаря чему икринки не выносятся из впадин. Здесь же концентрируются и личинки минтая, а также планктон, что обеспечивает личинок кормом при переходе их на экзогенное питание. Минтай также нерестится и на шельфе, но масштабы его по сравнению с глубоководным икрометанием невелики.

Второй тип икрометания, в основном, характерен для юго-восточной оконечности Камчатки и северных Курильских островов [Буслов, Тепнин, 2007]. Нерест здесь происходит в районе действия мезомасштабных круговоротов вод циклонического и антицикло-

нического направления, в зонах постоянного затока тёплых промежуточных вод на глубинах до 100 м (средняя глубина – 80 м). Наиболее интенсивный нерест происходит на акватории между б. Вестник и о. Шумшу.

В целом, это подтверждается и новыми данными, полученными в 2013–2022 гг. На рис. 2 представлены схемы распределения икры на I стадии развития, по которым можно определить районы нереста. Видно, что в Кроноцком заливе в 2016, 2018–2019, 2022 гг. основное икрометание протекало над глубоководными каньонами. В 2013, 2020 и 2021 гг. заметные концентрации икры наблюдались на шельфе к северу от п-ова Шипунский. Количество икры в пробах было незначительным и не превышало 3,6 тыс. шт./м², а в среднем – 457 шт./м² (табл. 3). Отметим, что ранее, в отдельные годы плотность икринок в Кроноцком заливе достигала 25–30 тыс. шт./м² [Сергеева, 2019].

В Авачинском заливе минтай нерестился преимущественно над глубоководными желобами (см. рис. 2). Количество икры на начальной стадии развития в пробах на этом полигоне было многократно выше, чем в Кроноцком заливе (см. табл. 3). Максимальное значение отмечено в 2017 г., а минимальное – в 2021 г. Очевидно, что в последнем случае икра была недоучтена, поскольку в смежные годы её количество было в разы больше.

У юго-восточной оконечности полуострова Камчатка наибольшие концентрации икры отмечены в 2013, 2015 и 2019 гг. (см. табл. 3). На полигоне у Северных Курил количество икры в пробах, в целом, было сопоставимо с таковым у Юго-Восточной Камчатки.

В 2015–2016, 2021 гг. икрометание минтая протекало практически у всей Юго-Восточной Камчатки, а также у северных Курильских островов вплоть до южной оконечности о. Парамушир, а в 2021 г. – и южнее, напротив Четвёртого Курильского пролива (см. рис. 2). В 2018 г. концентрации икры обнаружены только до средней части о. Парамушир. В 2015 г. условный центр распределения икры минтая начальной стадии располагался севернее и над большими глубинами, чем в 2016 и 2021 гг. (рис. 3).

Ранее А.В. Буслов и О.Б. Тепнин [2007] межгодовую динамику нереста минтая в указанном районе связывали с численностью производителей: при низкой величине нерестового запаса интенсивность воспроизводства на шельфе минимальна, а икрометание происходит в его северной части, с увеличением родительского стада район воспроизводства расширяется к югу, интенсивность нереста возрастает. В эти годы и в начальный период снижения численности основ-

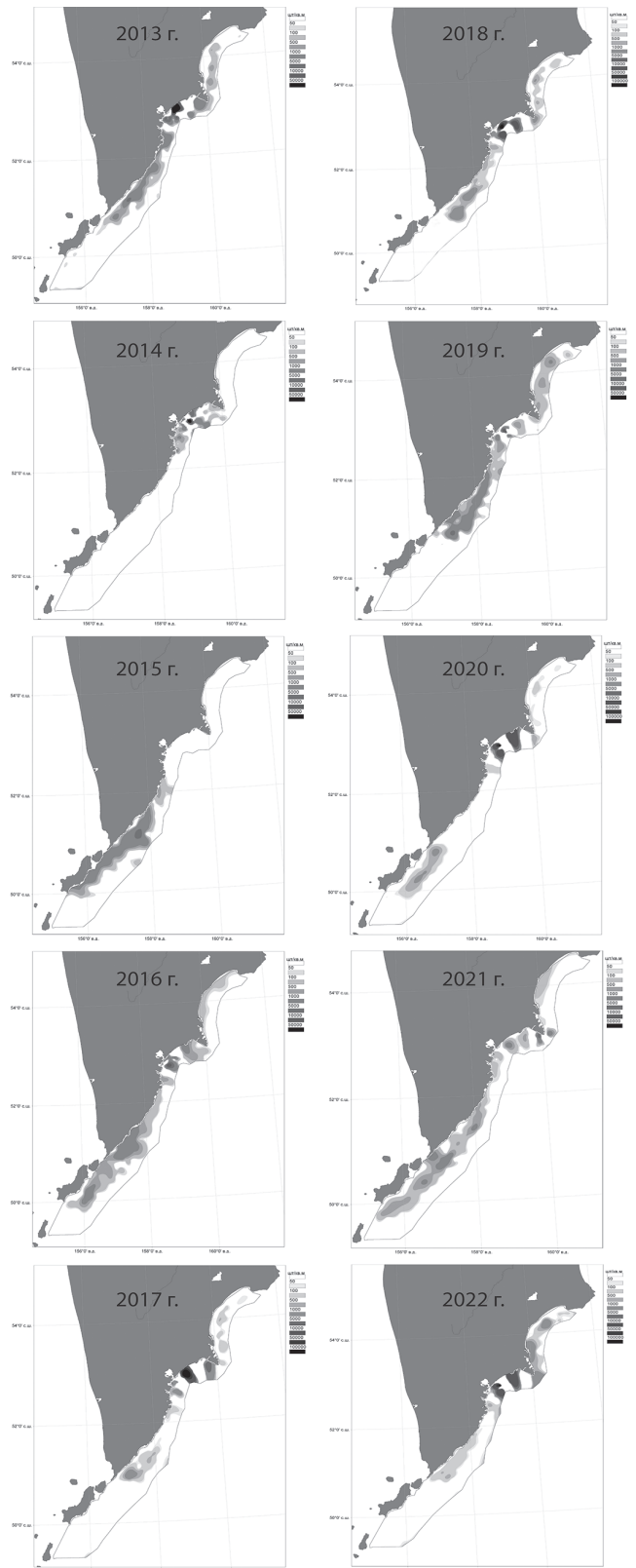


Рис. 2. Распределение икры минтая на I стадии развития в тихоокеанских водах Камчатки и северных Курильских островов в 2013–2022 гг.

Fig. 2. Distribution of walleye pollock eggs in the I stage in the Pacific waters of Kamchatka and the northern Kuril Islands in 2013–2022

Таблица 3. Количество икры минтая на I стадии развития в пробах (шт./м²) по результатам ихтиопланктонных съёмов на полигонах в тихоокеанских водах, прилегающих к Камчатскому полуострову и северным Курильским островам

Table 3. Quantity of walleye pollock eggs at the I stage in samples (pcs/m²) according to the results of ichthyoplankton surveys at the polygons in the Pacific waters adjacent to the Kamchatka Peninsula and the northern Kuril Islands

Годы/Полигоны	Кроноцкий залив	Авачинский залив	Юго-Восток	Северные Курилы
2013	0–544/92*	2–116046/6089	2–7846/970	–
2014	–	0–161644/2938	–	–
2015	–	–	0–8432/1067	0–3822/496
2016	0–124/34	2–5634/631	0–4194/920	0–3116/222
2017	0–64/5	0–199152/5874	0–2218/259	–
2018	0–386/48	0–104440/3481	0–3008/671	–
2019	0–1146/222	0–34774/1465	0–7226/1268	–
2020	0–46/10	0–105738/3432	–	0–1412/196
2021	0–220/27	0–2828/296	0–2186/271	0–2382/346
2022	0–3600/457	0–113968/3449	0–810/135	–

Примечание: * мин. – макс./среднее.

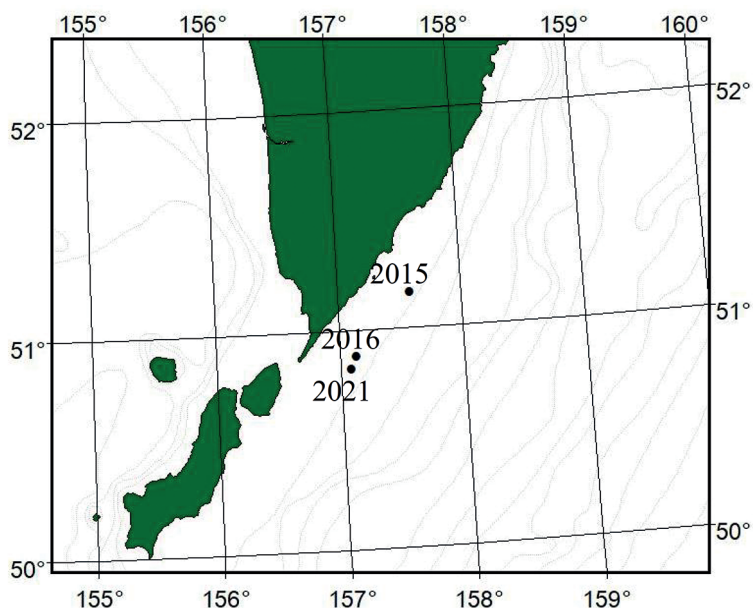


Рис. 3. Межгодовая динамика положения условного центра распределения икры минтая на I стадии развития на шельфе в тихоокеанских водах, прилегающих к полуострову Камчатка и северным Курильским островам

Fig. 3. Interannual dynamics of the position of the conditional center of distribution of walleye pollock eggs at the I stage on the shelf in the Pacific waters adjacent to the Kamchatka Peninsula and the northern Kuril Islands

ное размножение происходит в южной части района воспроизводства — между полуостровом Камчатка и Северными Курилами. При среднем уровне запаса нерестилище вновь сокращается в северном направлении.

Рассматриваемый нами интервал лет пришёлся на период снижения нерестового запаса восточнокамчатского минтая, о чем свидетельствуют как результаты ихтиопланктонных исследований, так и модельные расчёты (рис. 4). За последние 20 лет нерестовый запас по результатам ихтиопланктонных съёмов

удалось оценить только 2006–2011, 2016 и 2021 гг., когда были обследованы все районы воспроизводства восточнокамчатского минтая. Наибольшие значения, зафиксированы в 2008–2010 гг. с пиком в 2008 г. (около 1,2 млн т), после чего этот показатель снижался и в 2016 г. составил 670 тыс. т, а в 2021 г. — 740 тыс. т.

В табл. 4 представлены сведения об общем количестве учтённой икры минтая по стандартным полигонам. Видно, что на отдельных полигонах этот показатель значительно варьировал по годам. Так, в Кроноцком заливе количество икры после минимума

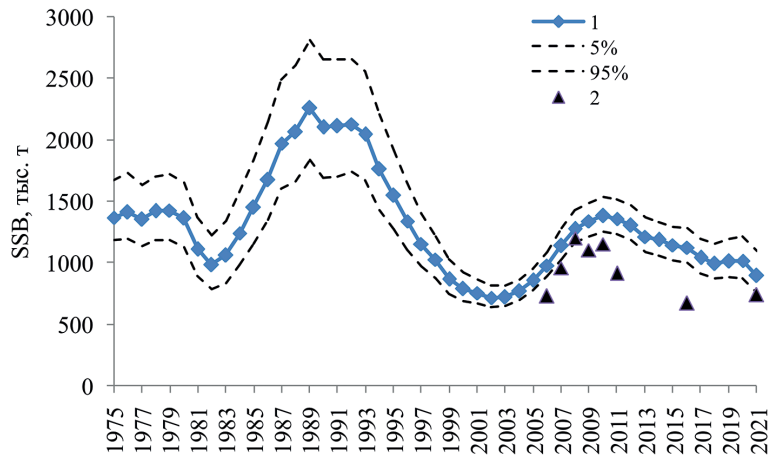


Рис. 4. Межгодовая динамика нерестового запаса (SSB) восточнокамчатского минтая по модельным (1) расчётам и процентили бутстреп-распределения её оценок, ихтиопланктонным съёмкам (2)

Fig. 4. Interannual dynamics of spawning stock (SSB) of Eastern Kamchatka pollock according to model (1) calculations and percentiles of bootstrap distribution of its estimates, ichthyoplankton surveys (2)

Таблица 4. Межгодовая динамика количества учтённой икры минтая всех стадий развития (без смертности) (трлн икр.) на стандартных полигонах в тихоокеанских водах, прилегающих к полуострову Камчатка и северным Курильским островам

Table 4. Inter-annual dynamics of the number of accounted walleye pollock eggs of all developmental stages (without mortality) (trillion eggs) in standard polygons in Pacific waters adjacent to the Kamchatka Peninsula and the Northern Kuril Islands

Годы/ Полигоны	Кроноцкий залив	Авачинский залив	Юго-Восток	Северные Курилы	Всего	Авачинский залив + Юго-Восток
2013	3,756	66,488	8,991	—	—	75,479
2014	—	11,319	—	—	—	—
2015	—	—	53,466	18,689	—	—
2016	0,639	6,525	9,939	10,095	10,095	—
2017	0,473	46,964	2,115	—	—	49,079
2018	1,231	40,085	17,217	—	—	57,302
2019	4,772	8,418	23,547	—	—	—
2020	2,211	53,408	—	11,924	—	—
2021	7,059	4,789	14,431	22,288	22,288	—
2022	11,817	43,840	4,812	—	—	48,652

в 2017 г. к 2022 г. увеличилось многократно и достигло наибольшего для рассматриваемого периода значения. В Авачинском заливе в 2019, 2021 гг., а, возможно, и в 2016 г. икра была недоучтена. В целом, на этом полигоне интенсивность икрометания была примерно на одном уровне. Общее количество учтённой икры в среднем составляло 46,1 трлн икр. У юго-востока Камчатки максимальное количество икры зафиксировано в 2015 г., а минимальное — в 2022 г. В последнем случае икра, вероятно, была недоучтена, т. к. годом ранее её количество было более чем в 3 раза больше. На полигоне у северных Курильских островов наибольшее количество икры зарегистрировано в 2021 г.

Как указывалось выше, общее количество учтённой икры минтая на полигонах Авачинского залива

и у Юго-Восточной Камчатки используется в качестве одного из индексов для настройки модели. По сравнению с 2013 г., в 2017–2018 гг. этот показатель снизился примерно в 1,3 раза и в 2022 г. остался примерно на том же уровне.

Основное икрометание минтая в Авачинском заливе происходит в районе глубоководных каньонов [Буслов, Тепнин, 2002; Буслов и др., 2004], среди которых наибольшее значение имеет, так называемый, «Северный» каньон [Ильин, Сергеева, 2014; Ильин, Саушкина, 2022]. В рассматриваемый интервал лет, максимальная продукция икры в этом каньоне зарегистрирована в 2016 г. (рис. 5). Затем, в 2017 г., она резко снизилась, а в 2018, 2020 гг. — была примерно на одном уровне.

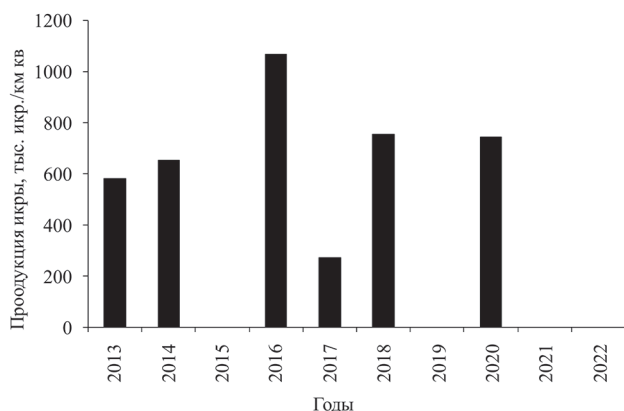


Рис. 5. Межгодовая динамика продукции икры минтая в «Северном» каньоне, расположенном в Авачинском заливе

Fig. 5. Interannual dynamics of walleye pollock egg production in the “North” canyon located in Avacha Bay

По модельным оценкам, пик биомассы производителей пришёлся на 2010 г. (1377 тыс. т), после чего она плавно снижалась и в 2021 г. составляла 895 тыс. т, что соответствует среднему уровню (см. рис. 4).

Возвращаясь к выявленным выше различиям в дислокации основных районов воспроизводства восточнокамчатского минтая на шельфе юго-восточной оконечности полуострова Камчатка и Северных Курил, можно предположить, что, помимо величины родительского стада, на местоположение центра воспроизводства оказывают влияние и другие факторы, и в частности, теплосодержание вод. В «тёплые» (2015 г.) годы основной нерест, очевидно, протекает севернее, чем в «холодные» (2016 г.) и «нормальные» (2021 г.) [Кровнин и др., 2022] (см. рис. 3).

Вертикальное распределение икры

Ранее, исходя из анализа вертикального распределения икры, было установлено, что в глубоководных каньонах Авачинского залива из горизонта основного нереста (400–600 м) икринки по мере развития поднимаются в вышележащие слои [Буслов, Тепнин, 2002]. Выклев предличинок происходит на глубине 180–160 м, после чего они продолжают подниматься в подповерхностные горизонты.

По осреднённым за ряд лет результатам послонных обловов, выполненных в «Северном» каньоне в близкие сроки, основное количество икры минтая на I стадии развития в 2013 г. учтено в слое 200–300 м, в 2014 и 2020 гг. – 300–400 м, а в 2019 г. – 400–550 м (рис. 6). Во все рассмотренные годы основные скопления икры более поздних стадий развития обнаружены либо в том же горизонте, что и икра начальной стадии (2020 г.), либо глубже (2013–2014, 2019 гг.).

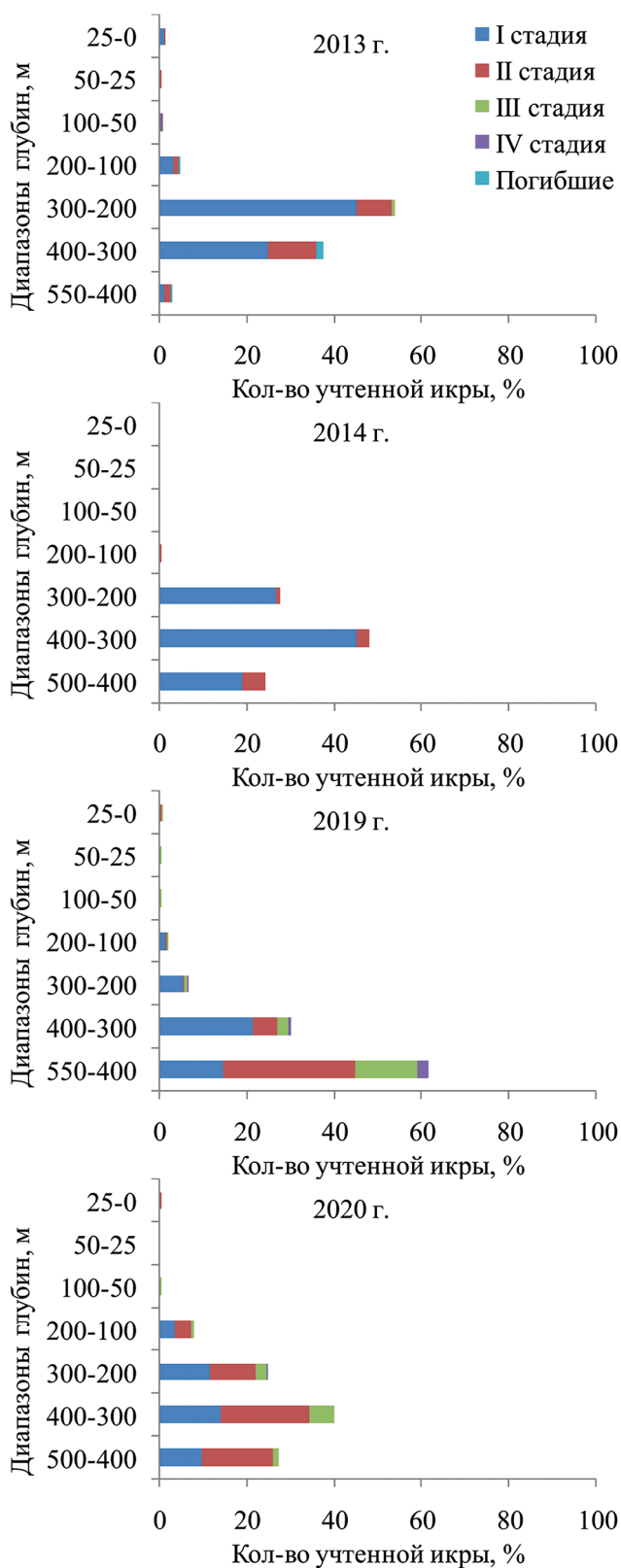


Рис. 6. Межгодовая динамика вертикального распределения икры минтая в «Северном» каньоне Авачинского залива

Fig. 6. Interannual dynamics of vertical distribution of walleye pollock eggs in the “North” canyon of Avacha Bay

Исходя из вышеизложенного, очевидно, во-первых, что в некоторые годы основное икротечение может протекать и в более высоких горизонтах воды (в слое 200–300 м), чем указывали ранее в своей работе А.В. Буслов и О.Б. Тепнин [2002]. Во-вторых, вертикальное распределение икры минтая в «Северном» каньоне, очевидно, подвержено как внутригодовой, так и межгодовой динамике. В межгодовом плане это может быть связано с вертикальным движением вод теплого промежуточного слоя в районе глубоководных каньонов, как было показано при исследовании изменения энthalпии [Кровнин и др., 2022]. Короткопериодные изменения могут быть обусловлены колебанием термоклина или внутренними волнами [Сабинин, Серебрянный, 2007], вызванными движением фронтов в атмосфере и океане, сгонно-нагонными явлениями, нестационарными течениями и внутренними приливами, возникающими при обтекании неровностей дна приливными течениями у материкового склона. Так, по результатам суточных наблюдений с зондированием 600-метрового слоя вод с интервалом в 3 часа, выполненных в 2006 г. в «Северном» каньоне, установлено, что область термоклина совершала значительные вертикальные перемещения, амплитуда в течение 6 часов составляла более 100 м (рис. 7). Аналогичные результаты были получены в работе Н.В. Шлык [2010], по данным наблюдений

с системы буев АРГО в северо-западной части Тихого океана.

Выполненные в разные годы и в разные сроки обловы в двух глубоководных каньонах Кроноцкого залива (см. рис. 1 Б, табл. 2), в целом, показали довольно близкие результаты (рис. 8). В каньоне, расположенном в северной части залива, основное количество икры всех стадий развивалось в верхнем 50-метровом слое, а в каньоне, расположенном в центральной части залива: на I стадии – в слое 0–50 м, а на II–III – в слое 400–550 м. Для выяснения причин последнего требуется проведение дополнительных специальных исследований.

По результатам двух послонных обловов, выполненных в разные годы и разные сроки у Юго-Восточной Камчатки (см. рис. 1 Б, табл. 2), основное количество икры всех стадий развивалось в верхнем 50-метровом слое (рис. 9), что подтверждает известные литературные данные [Полутов, Трипольская, 1954].

Весьма интересными представляются результаты послонных обловов, выполненных в 2014 и 2020 гг. в «Северном» каньоне в течение практически всего периода воспроизводства. На рис. 10 видно, что по мере развития нереста основные концентрации икры поздних стадий развития (III–IV) отмечены в тех же горизонтах (как правило – 400–500 м), что и эмбрионов на I–II стадиях. При этом если 5 апреля 2014 г.

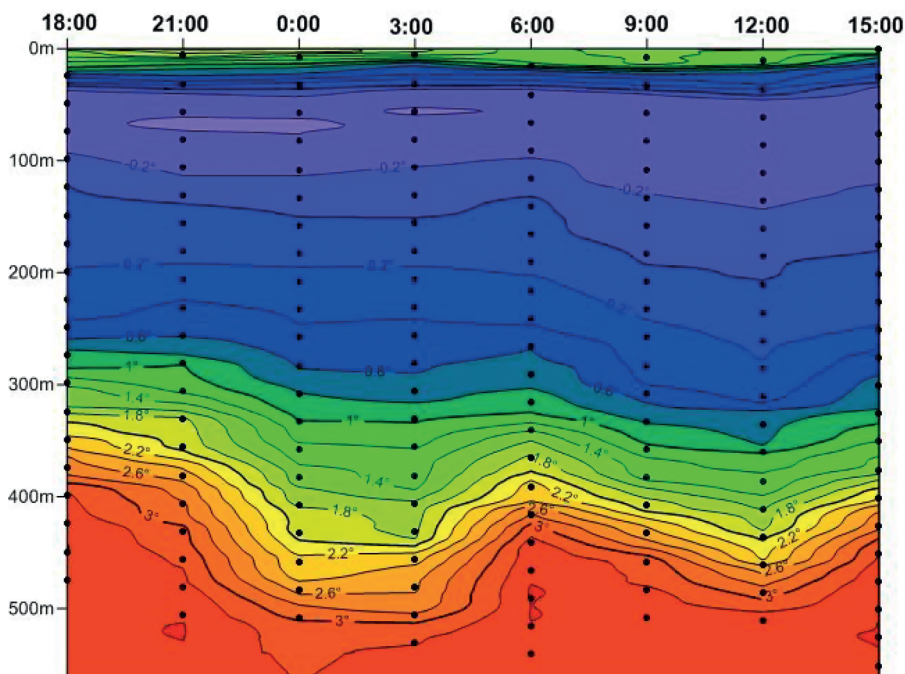


Рис. 7. Суточное изменение температуры при зондировании в «Северном» каньоне Авачинского залива
Fig. 7. Daily temperature change during sounding in the “North” Canyon of Avacha Bay

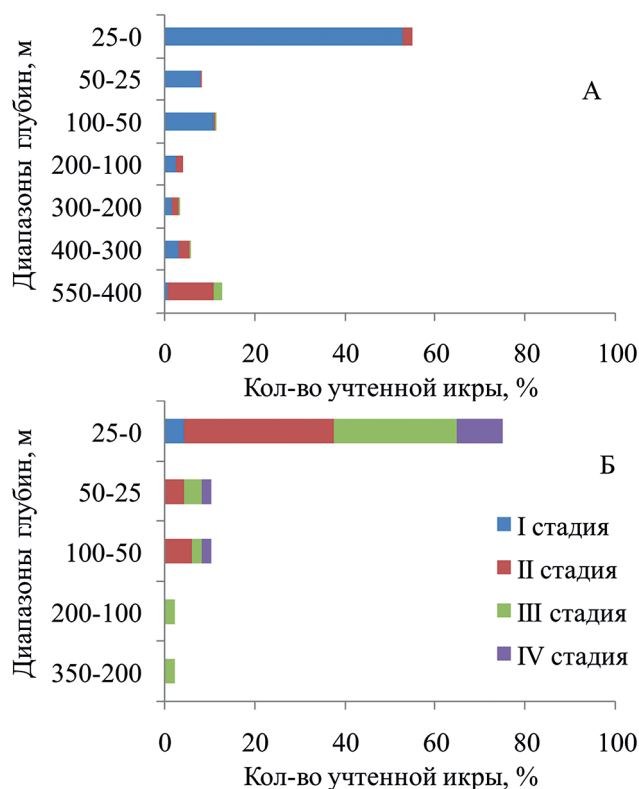


Рис. 8. Вертикальное распределение икры минтая в глубоководных каньонах, расположенных в северной (А) и центральной (Б) частях Кроноцкого залива

Fig. 8. Vertical distribution of walleye pollock eggs in deep-water canyons located in the northern (A) and central (B) parts of Kronotsky Bay

икра на I–II стадиях концентрировалась, в основном, в самом глубоководном горизонте, то 11 апреля наибольшее учтенное количество эмбрионов на I стадии зарегистрировано в горизонте 300–400 м, а на II стадии – 400–500 м. Близкая картина наблюдалась и 21 апреля, при этом отмеченная в пробах икра на III стадии также учтена, в основном, в горизонте 300–400 м. 30 апреля основные скопления эмбрионов всех стадий вновь отмечены в горизонте 400–500 м. Как указывалось выше, это может быть связано с колебанием термоклина или внутренними волнами [Сабинин, Серебрянный, 2007].

В отличие от 2014 г., в 2020 г. основные скопления икры наблюдали в горизонте 300–400 м, при этом поздняя икра учтена в тех же горизонтах, что и ранняя.

Таким образом, можно предположить, что горизонты основного икрометания минтая в глубоководных каньонах изменяются в межгодовом аспекте, что, скорее всего, обусловлено изменением вертикального положения и площади теплого промежуточного слоя. Кроме того, по мере развития икры,

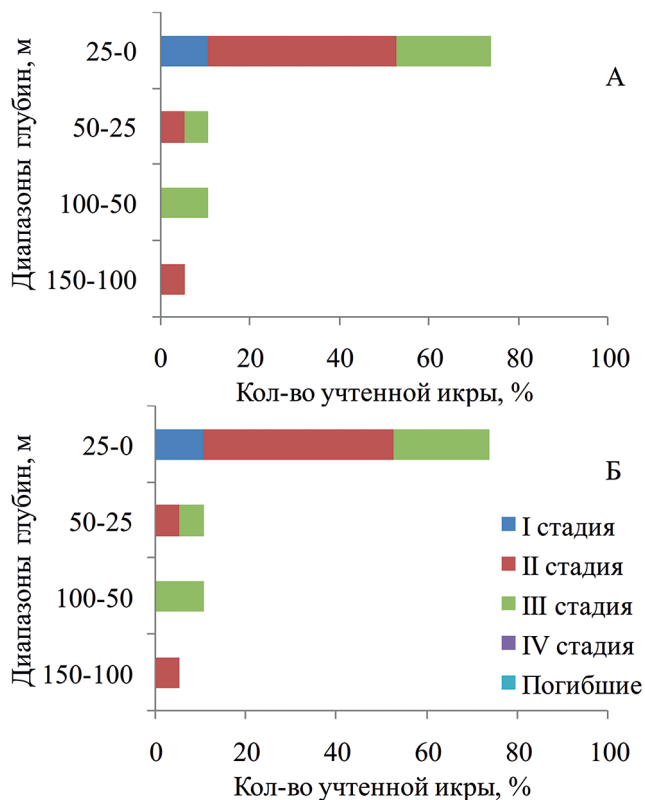


Рис. 9. Вертикальное распределение икры минтая на шельфе Юго-Восточной Камчатки: в точке 6 (см. рис. 1Б) – 8 мая 2013 г. (А); в точке 7 – 28 апреля 2016 г. (Б)

Fig. 9. Vertical distribution of walleye pollock eggs on the southeastern Kamchatka shelf: at point 6 (see Fig. 1B) – May 8, 2013 (A); at point 7 – April 28, 2016 (B)

в результате внутренних процессов, происходящих в каньонах (внутренние волны), она, то поднимается в верхние слои воды, то опускается в нижние.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2013–2022 гг. основное икрометание минтая в Авачинском и Кроноцком заливах протекало над глубоководными каньонами, а на шельфе у Юго-Восточной Камчатки и северных Курильских островов – на всей обследованной акватории, в некоторые годы – и южнее о. Парамушир. В 2016 и 2021 гг., которые относятся к «холодному» и «нормальному» типу лет, соответственно, основной нерест протекал южнее (на траверзе м. Лопатка), а в 2015 г., который являлся «тёплым» – севернее (напротив б. Вестник).

Общее количество учтенной икры минтая на полигонах Авачинского залива и у Юго-Восточной Камчатки в 2017–2018 гг. по сравнению с 2013 г. снизилось с 75,5 до примерно 53,2 трлн икр. В 2022 г. этот показатель остался на том же уровне (48,7 трлн икр.).

Максимальная продукция икры в «Северном» каньоне, расположенном в Авачинском заливе, за-

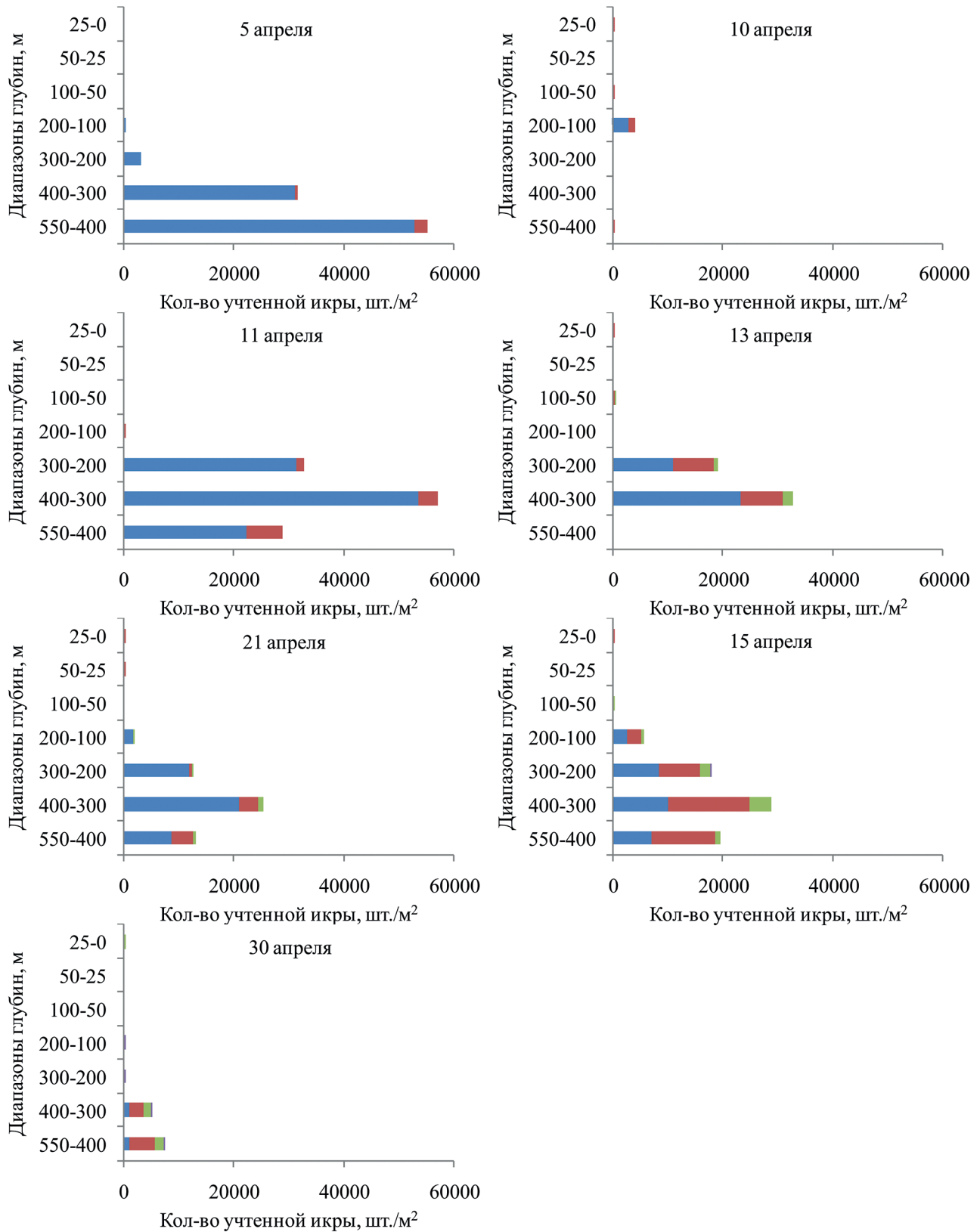


Рис. 10. Сезонная динамика вертикального распределения икры минтая в «Северном» каньоне Авачинского залива в 2014 г. (слева) и 2020 г. (справа)

Fig. 10. Seasonal dynamics of the vertical distribution of walleye pollock eggs in the “Northern” Canyon of Avacha Bay in 2014 (left) and 2020 (right)

регистрирована в 2016 г. Затем, в 2017 г., она резко снизилась, а в 2018, 2020 гг. была примерно на одном уровне, равном около 750 тыс. икр./м².

По ихтиопланктонным съёмкам, после пика биомассы производителей в 2008 г. (около 1,2 млн т), этот показатель снижался и в 2016 г. составлял 670 тыс. т, а в 2021 г. – 740 тыс. т. По модельным оценкам, максимум нерестового запаса пришёлся на 2010 г. (1377 тыс. т), после чего он плавно снижался и в 2021 г. составлял 895 тыс. т, что соответствует среднему уровню.

По осреднённым за ряд лет результатам послонных обловов, выполненных в «Северном» каньоне Авачинского залива в близкие сроки, основное количество икры минтая на I стадии развития в 2013 г. учтено в слое 200–300 м, в 2014 и 2020 гг. – 300–400 м, а в 2019 г. – 400–550 м. Во все рассмотренные годы основные скопления икры более поздних стадий развития обнаружены либо в том же горизонте, что и икра начальной стадии (2020 г.), либо глубже (2013–2014, 2019 гг.). В каньоне, расположенном в северной части Кроноцкого залива, основное количество икры всех стадий развивалось в верхнем 50-метровом слое, а в каньоне, расположенном в центральной его части – на I стадии в слое 0–50 м, а на II–III – в слое 400–550 м. По результатам послонных обловов, выполненных в разные годы и разные сроки у Юго-Восточной Камчатки, основное количество икры всех стадий развивалось в верхнем 50-метровом слое.

Горизонты основного икрометания минтая в глубоководных каньонах изменяются в межгодовом аспекте. Кроме того, по мере развития икры, в результате внутренних процессов, происходящих в каньонах (внутренние волны), она то поднимается, то опускается в нижележащие слои воды.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках Госзадания Камчатского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО»).

ЛИТЕРАТУРА

Антонов Н.П. 1991. Биология и динамика численности восточнокамчатского минтая: Автореф. ... канд. биол. наук. Владивосток: ИБМ ДВО РАН. 23 с.

- Балыкин П.А., Тепнин О.Б. 1998. Динамика вод и нерест минтая *Theragra chalcogramma* у восточной Камчатки // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб Камчатского шельфа. № 4. С. 7–14.
- Буслов А.В. 2001. Новые данные о распределении и миграциях минтая в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки // Известия ТИНРО. Т. 128. С. 229–241.
- Буслов А.В. 2008. Минтай восточного побережья Камчатки: современное состояние запасов и рекомендации по рациональной эксплуатации // Известия ТИНРО. Т. 152. С. 3–17.
- Буслов А.В. 2009. О нересте минтая (*Theragra chalcogramma*) у юго-западного побережья Камчатки // Известия ТИНРО. Т. 158. С. 128–141.
- Буслов А.В., Сергеева Н.П. 2009. Некоторые результаты эксперимента по инкубированию икры восточнокамчатского минтая (*Theragra chalcogramma*) // Известия ТИНРО. Т. 156. С. 82–94.
- Буслов А.В., Тепнин О.Б. 2002. Условия нереста и эмбриогенеза минтая *Theragra chalcogramma* (Gadidae) в глубоководных каньонах тихоокеанского побережья Камчатки // Вопросы ихтиологии. Т. 42, № 5. С. 617–625.
- Буслов А.В., Тепнин О.Б. 2007. Характеристика нереста минтая у северных Курильских островов и юго-восточной оконечности Камчатки // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. № 9. С. 235–245.
- Буслов А.В., Тепнин О.Б., Дубинина А.Ю. 2004. Особенности экологии нереста и эмбриогенеза восточнокамчатского минтая // Известия ТИНРО. Т. 138. С. 282–298.
- Варкентин А.И., Сергеева Н.П., Ильин О.И., Овсянников Е.Е. 2021. Промысел, размерно-возрастной состав, состояние запасов и перспективы вылова минтая (*Gadus chalcogrammus*, Pallas, 1814) на акватории, прилегающей к Камчатскому полуострову и северным Курильским островам // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. № 60. С. 5–42.
- Горбунова Н.Н. 1951. Икра минтая и её развитие // Известия ТИНРО. Т. 34. С. 89–97.
- Золотов О.Г., Антонов Н.П. 1986. О популяционной структуре восточнокамчатского минтая // Тресковые дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. С. 43–50.
- Ильин О.И., Саушкина Д.Я. 2022. К оценке продукции икры минтая (*Gadus chalcogrammus*) в каньонах Авачинского залива // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 64. С. 80–84.
- Ильин О.И., Сергеева Н.П. 2014. Оценка убыли и продукции икры минтая (*Theragra chalcogramma*) в каньонах Авачинского залива // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. № 34. С. 81–86.
- Ильин О.И., Сергеева Н.П., Варкентин А.И. 2014. Оценка запасов и прогнозирование ОДУ восточнокамчатского минтая (*Theragra chalcogramma*) на основе предосторожного подхода // Труды ВНИРО. Т. 151. С. 62–74.

- Качина Т.Ф., Сергеева Н.П. 1978. Методика расчёта нерестового запаса восточноохоотского минтая // Рыбное хозяйство. № 12. С. 13–14.
- Кровнин А.С., Зуенко Ю.И., Фигуркин А.Л., Хен Г.В., Кивва К.К., Новиков Ю.В., Тепнин О.Б. 2022. Изменчивость океанологических условий в пределах ареала минтая // Труды ВНИРО. Т. 189. С. 16–44.
- Полутов И.А., Трипольская В.Н. 1954. Пелагическая икра и личинки морских рыб у берегов Камчатки // Известия ТИНРО. Т. 41. С. 295–308.
- Расс Т.С. 1933. Инструкция по сбору и технике количественной обработки икры и мальков морских рыб. М: Изд-во ГОИН. 24 с.
- Сабинин К.Д., Серебряный А.Н. 2007. «Горячие точки» в поле внутренних волн в океане // Акустический журнал. Т. 53. № 3. С. 410–436.
- Сергеева Н.П. 2019. Интенсивность нереста минтая в Кроноцком заливе (Восточная Камчатка) // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей. Мат. XX Межд. науч. конф., посвященной 150-летию со дня рождения академика РАН В.Л. Комарова / ред. А.М. Токиранов. С. 177–182.
- Сергеева Н.П., Буслов А.В., Веселов С.А. 2012. Определение даты начала нереста восточнокамчатского минтая по результатам ихтиопланктонных обловов // Водные биологические ресурсы северной части Тихого океана: состояние, мониторинг, управление. Мат. Всерос. науч. конф., посвященной 80-летию юбилею ФГУП «КамчатНИРО». ФГБНУ «КамчатНИРО». С. 359–362.
- Шлык Н.В. 2010. Аномалии термохалинных характеристик Ойясио, Восточно-Камчатского и Аляскинского течений. Автореф. ... канд. геогр. наук. Владивосток: ДВО РАН. С. 23.
- Buslov A.V., Varkentin A.I. 2008. Walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) spawning in the Okhotsk Sea waters off the north Kuril Islands and south-western Kamchatka // PICES Scientific Report. № 36. P. 269–278.
- REFERENCES**
- Antonov N.P. 1991. Biology and population dynamics of the Eastern Kamchatka pollock: PhD abstract. Vladivostok: IMB FEB RAS 23 p. (In Russ.).
- Balykin P.A., Tepnin O.B. 1998. Water dynamics and spawning of pollock *Theragra chalcogramma* off eastern Kamchatka // Studies of biology and population dynamics of commercial fish of Kamchatka shelf. № 4. P. 7–14. (In Russ.).
- Buslov A.V. 2001. New data on distribution and migration of walleye pollock in the Pacific waters of the northern Kuril Islands and south-eastern Kamchatka // Izvestiya TINRO. V. 128. P. 229–241. (In Russ.).
- Buslov A.V. 2008. Walleye pollock on the eastern coast of Kamchatka: current state of stocks and recommendations for rational exploitation // Izvestiya TINRO. V. 152. P. 3–17. (In Russ.).
- Buslov A.V. 2009. About pollock (*Theragra chalcogramma*) spawning near the southwestern coast of Kamchatka // Izvestiya of TINRO. V. 158. P. 128–141. (In Russ.).
- Buslov A.V., Sergeeva N.P. 2009. Some results of the experiment on incubation of Eastern Kamchatka pollock (*Theragra chalcogramma*) eggs // Izvestiya of TINRO. V. 156. P. 82–94. (In Russ.).
- Buslov A.V., Tepnin O.B. 2002. Spawning and embryogenesis conditions of walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Gadidae) in deep-water canyons of the Pacific coast of Kamchatka // Voprosy ichtyologii. V. 42. № 5. P. 617–625. (In Russ.).
- Buslov A.V., Tepnin O.B. 2007. Characteristics of pollock spawning near the northern Kuril Islands and the southeastern tip of Kamchatka // Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the northwestern part of the Pacific Ocean. № 9. P. 235–245. (In Russ.).
- Buslov A.V., Tepnin O.B., Dubinina A. Yu. 2004. Features of the ecology of spawning and embryogenesis of the Eastern Kamchatka pollock // Izvestiya TINRO. V. 138. P. 282–298. (In Russ.).
- Varkentin A.I., Sergeeva N.P., Ilyin O.I., Ovsyannikov E.E. 2021. Fishery, age and size composition, stock status and catch prospects of walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*, Pallas, 1814) in the water area adjacent to the Kamchatka Peninsula and the Northern Kuril Islands // Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the Northwest Pacific. № 60. P. 5–42. (In Russ.).
- Gorbunova N.N. 1951. Walleye pollock eggs and its development // Izvestiya TINRO. V. 34. P. 89–97. (In Russ.).
- Zolotov O.G., Antonov N.P. 1986. About population structure of the Eastern Kamchatka pollock // Cods of the Far Eastern seas. Vladivostok: TINRO Publish. P. 43–50. (In Russ.).
- Ilyin O.I., Saushkina D. Ya. 2022. To the assessment of pollock (*Gadus chalcogrammus*) egg production in the canyons of Avacha Bay // Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the Northwest Pacific. № 64. P. 80–84. (In Russ.).
- Ilyin O.I., Sergeeva N.P. 2014. Estimation of loss and production of pollock (*Theragra chalcogramma*) eggs in the canyons of Avacha Bay // Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the Northwest Pacific. № 34. P. 81–86. (In Russ.).
- Ilyin O.I., Sergeeva N.P., Varkentin A.I. 2014. Stock assessment and prediction of TAC of Eastern Kamchatka pollock (*Theragra chalcogramma*) based on the precautionary approach // Trudy VNIRO. V. 151. P. 62–74. (In Russ.).
- Kachina T.F., Sergeeva N.P. 1978. Methodology of estimation of spawning stock of the Eastern Okhotsk Pollock // Fishery industry. № 12. P. 13–14. (In Russ.).
- Krovnin A.S., Zuenko Y.I., Figurkin A.L., Khen G.V., Kivva K.K., Novikov Y.V., Tepnin O.B. 2022. Oceanographic conditions within the main area of walleye pollock // Trudy VNIRO. V. 189. P. 16–44. (In Russ.).
- Polutov I.A., Tripolskaya V.N. 1954. Pelagic spawn and larvae of sea fish off Kamchatka coast // Izvestiya TINRO. V. 41. P. 295–308. (In Russ.).
- Rass T.S. 1933. Instruction on the collection and technique of quantitative treatment of sea fish eggs and fry. M: GOIN Publish. 24 p. (In Russ.).

- Sabinin K.D., Silver A.N.* 2007. «Hot spots» in the field of internal waves in the ocean // *Acoustic Journal*. V. 53. № 3. P. 410–436. (In Russ.).
- Sergeeva N.P.* 2019. Walleye pollock spawning intensity in Kronotsky Bay (Eastern Kamchatka) // *Conservation of biodiversity of Kamchatka and adjacent seas*. Mat. XX Int. scientific conference dedicated to the 150th birthday of academician V.L. Komarov, RAS. / Ed. by A.M. Tokranov. P. 177–182. (In Russ.).
- Sergeeva N.P., Buslov A.V., Veselov S.A.* 2012. Determination of the spawning start date of the Eastern Kamchatka pollock based on the results of ichthyoplankton surveys // *Aquatic biological resources of the North Pacific Ocean: state, monitoring, management*. Mat. All-Russian scientific conference, devoted to the 80th anniversary of KamchatNIRO. KamchatNIRO. P. 359–362. (In Russ.).
- Shlyk N.V.* 2010. Anomalies of thermohaline characteristics of Oyasio, East Kamchatka and Alaska currents. PhD abstract. Vladivostok: FEB RAS. P. 23. (In Russ.).
- Buslov A.V., Varkentin A.I.* 2008. Walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) spawning in the Okhotsk Sea waters off the north Kuril Islands and south-western Kamchatka // *PICES Scientific Report*. № 36. P. 269–278.
- Поступила в редакцию 24.06.2022 г.
Принята после рецензии 15.09.2022 г.*



Промысловые виды и их биология

Минтай Охотского моря: история промысла и современное состояние

Н.П. Антонов, Е.Н. Кузнецова, П.О. Емелин

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

Цель работы – обзор истории освоения запасов минтая в Охотском море, анализ промысла и состояния его запасов.

Используемые методы: использованы литературные данные, материалы многолетних съёмок ВНИРО (1997–2002 гг.) на нерестилищах минтая Западной Камчатки, а также НИС «Профессор Кагановский» в весенний период 2022 г. Промысловая статистика ОСМ «Мониторинг».

Результат: максимальный вылов минтая (0,91 млн т) в Северо-Охотоморской подзоне был достигнут в 1995 г. В период 1998–2001 гг. годовые уловы в среднем составили 510 тыс. т, в 2002–2008 гг. снизились до 210 тыс. т. Последнее десятилетие наблюдается постепенное увеличение вылова с 286 тыс. т в 2009 г. до 383 тыс. т в 2020 г. Уловы минтая в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах после высоких показателей промысла, достигнутых в 1996–1997 гг. (1,2 млн т), стали сокращаться, снизившись в 2004 г. до 191 тыс. т, после чего появилась тенденция к их увеличению. В период 2016–2019 гг. уловы восточноохотоморского минтая стабилизировались на уровне 617–618 тыс. т, в 2020 г. вылов составил 681 тыс. т. Запас минтая в Восточно-Сахалинской подзоне в современный период находится на низком уровне, его постепенное восстановление началось в середине 2000-х гг. В 2019–2020 гг. его вылов составил 110 тыс. т.

Новизна: приведены новые данные о состоянии запасов минтая в Охотском море. По результатам траловой съёмки, выполненной в весенний период 2022 г., общая численность минтая в Охотском море была оценена в 56,043 млрд экз., биомасса – 13,497 млн т, при этом промысловый запас был оценен в 10,413 млн т и 21,964 млрд экз. Приведены карты распределения взрослых особей минтая и его икры на акватории Охотского моря в весенний период 2022 г.

Практическая значимость: данные о состоянии запасов минтая в Охотском море будут использованы для подготовки материалов ОДУ, а также рекомендаций по рациональному ведению промысла.

Ключевые слова: минтай *Gadus chalcogrammus*, Охотское море, промысел, вылов, темп роста.

Walleye pollock of the Okhotsk Sea: history of fishery and current status

Nikolaj P. Antonov, Elena N. Kuznetsova, Pavel O. Emelin

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

The purpose of the work is to review the history of the development of walleye pollock stocks in the of Okhotsk sea, to analyze the fishery and the state of its stocks.

Methods: literature data, materials of long-term surveys by VNIRO (1997–2002) on the walleye pollock spawning grounds of Western Kamchatka, as well as the R/V «Professor Kaganovsky» in the spring of 2022 were used. Fishery statistics of OSM Monitoring.

Results: The maximum walleye pollock catch (0.91 million tons) in the North Sea of Okhotsk subarea was achieved in 1995. In the period 1998–2001 annual catches averaged 510 thousand tons, in 2002–2008 decreased to 210 thousand tons. Over the past decade, there has been a gradual increase in catch from 286 thousand tons in 2009 to 383 thousand tons in 2020. Pollock catches in the West Kamchatka and Kamchatka-Kuril subzones after high fishery rates achieved in 1996–1997 (1.2 million tons), began to decline, falling in 2004 to 191 thousand tons, after which a tendency to their increase appeared. In the period 2016–2019 catches walleye pollock of East Okhotsk sea stabilized at the level of 617–618 thousand tons, in 2020 the catch amounted to 681 thousand tons. The walleye pollock stock in the East Sakhalin subzone is currently at a low level, its gradual recovery began in the mid-2000s in 2019–2020. its catch was 110 thousand tons.

Novelty: New data on walleye pollock stocks in the Okhotsk Sea are presented. Based on the results of a trawl survey conducted in the spring of 2022, the total number of walleye pollock in the Okhotsk Sea was estimated at 56.043 billion ind., biomass – 13.497 million tons, while the commercial stock was estimated at 10.413 million tons and 21.964 billion ind. Maps of the distribution of adult walleye pollock and eggs in the Okhotsk Sea in the spring of 2022 are given.

Practical significance: data on the status of walleye pollock stocks in the Okhotsk Sea will be used to prepare TAC materials, as well as recommendations for rational fishery.

Keywords: walleye pollock *Gadus chalcogrammus*, Okhotsk Sea, fishery, catch, growth rate.

ВВЕДЕНИЕ

Минтай (*Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814) доминирует в экосистемах эпипелагиали Охотского моря, составляя до 80% биомассы рыб [Шунтов, 1985]. Этот вид населяет всё Охотское море, но наибольших концентраций достигает в восточной и северо-восточной частях моря, где располагаются наиболее мощные нерестилища. Исследования, проведённые в 1950–1970 гг. в северо-центральной и северо-западной частях моря, позволили выявить ряд нерестилищ минтая. В частности, были обнаружены нерестилища минтая в районе о-ва Ионы [Микулич, 1959; Вышегородцев, 1978], в Притауйском районе — южнее Тауйской губы и на восток до зал. Шелихова. Последующие исследования, а также ежегодные ихтиопланктонные съёмки позволили выявить 5 районов воспроизводства минтая в северной части Охотского моря: западнокамчатский, зал. Шелихова, возвышенность Лебеда, ионо-аянский и сахалинский [Борец, Смирнов, 1986; Фадеев, 1987; Вдовин, Смирнов, 1992]. По данным 1988 г., распределение половозрелых особей минтая по основным нерестовым акваториям характеризовалось следующим соотношением: западнокамчатская — 43,5%, зал. Шелихова — 17,6%, возвышенность Лебеда — 26,8%, сахалинская — 0,8%, ионо-аянская — 11,3% [Вдовин, Смирнов, 1992]. В зал. Шелихова, входящего в состав Западно-Камчатской подзоны, наблюдаются скопления преднерестового и нерестового минтая и обнаруживаются значительные концентрации икры и личинок. В апреле 2004 г., по данным ихтиопланктонных съёмок ТИНРО, в зал. Шелихова на ограниченной площади (склоны Шелиховского жёлоба) было учтено 1,3 млн т производителей (36% общего запаса северной части Охотского моря), т. е. столько же, сколько и на всем западнокамчатском шельфе. В 2005 г. здесь было учтено около 28% всей биомассы производителей минтая северной части Охотского моря. На весь западнокамчатский шельф пришлось 32% биомассы производителей. В силу суровых температурных условий нерест минтая в зал. Шелихова происходит в более поздние сроки, чем в других районах. В холодные годы, когда залив Шелихова почти полностью заполняется льдом, минтай в этом районе в период основной путины практически не добывается.

Каждому нерестовому району соответствует своё локальное стадо. В практике оценок запасов и прогнозирования уловов общее стадо минтая северной части Охотского моря (суперпопуляция) подразделяют на две основные единицы запаса, также нередко именуемые стадами: восточноохотоморское стадо, которое облавливается в Камчатско-Курильской (КК) и Западно-Камчатской (ЗК) подзонах, и, собствен-

но, североохотоморское, которое облавливается в Северо-Охотоморской (СОХ) подзоне. Выделяется ещё запас, формирующийся у восточного Сахалина (Восточно-Сахалинская подзона).

Доля охотоморского минтая в общем вылове составляет около 60%. Поэтому этот запас является ресурсом исключительной важности для отечественного промысла. Целью работы является обзор истории освоения запасов минтая в Охотском море, анализ промысла и современного состояния.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

При описании биологии и промысла минтая использованы литературные и материалы многолетних съёмок ВНИРО на нерестилищах минтая в Западно-Камчатских подзонах, выполненные в период 1997–2002 гг. Для характеристики российского промысла использовались данные отраслевой системы мониторинга «Мониторинг».

Современное состояние запаса минтая Охотского моря рассчитано на основании материалов, собранных в ходе весенней комплексной экспедиции на НИС «Профессор Кагановский» базы исследовательского флота ФГБНУ «ВНИРО» («БИФ ВНИРО») в период с 25 марта по 31 мая 2022 г. Съёмка численности биомассы минтая была проведена по стандартной сетке станций. В качестве орудий лова для учёта минтая и его икры использовался разноглубинный трал РТ 80/396 и ихтиопланктонная сеть ИКС-80.

Оценка параметров обилия минтая проводилась площадным методом с учётом пространственного веса каждого траления и применением коэффициентов уловистости и объёмности.

Возраст определялся по поперечному слою отолитов, проходящему через ядро, отшлифованному и прокалённому [Chilton, Beamish, 1982]. В работе указывается возраст как число полных лет.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Важнейшим условием формирования плотных нерестовых скоплений минтая является наличие мощного и устойчивого во времени слоя воды относительно низкой температуры [Кузнецов и др., 1997]. Сопоставление гидрологических данных с показателями обилия преднерестового минтая показывает, что скопления не обнаруживаются там, где чётко прослеживается двухслойная структура вод с наличием придонного слоя, характеризующегося относительно высокой температурой и солёностью и относительно низким содержанием растворённого кислорода. Также скоплений не наблюдалось в районах больших глубин, где температура относительно высока во всех слоях,

и там, где температура очень низка (около $-1,5^{\circ}\text{C}$). Скопления преднерестового минтая встречались в тех местах с относительно небольшими глубинами, в которых двуслойность вод выражена слабо или не выражена там, где температура и другие характеристики с глубиной меняются относительно плавно. Для нереста выбираются относительно стационарные прибрежные водные массы, подверженные постепенному выхолаживанию с поверхности, без значительного подтока тёплых глубинных вод. Нерестилища не располагаются сплошной полосой на нерестовых изобатах. Районы плотных концентраций преднерестового и нерестующего минтая чередуются с участками, где значительных скоплений не наблюдается. На широтном разрезе через шельф обычно наблюдается один

оптимум условий для нереста (связанный с глубиной и другими условиями среды), там формируются нерестовые концентрации, которые отличаются разнообразием конфигураций и размеров [Кузнецов, Грузевич, 2000; Кузнецов, 2001].

По данным многолетних съёмок ВНИРО (1997–2002 гг.) на нерестилищах Западной Камчатки в уловах отмечены особи минтая в возрасте от 1 до 25 лет. В возрастных группах до 7–8 лет в основном преобладали самцы, среди более старших рыб наблюдается значительное преобладание самок. Различия в размерах одновозрастных самцов и самок отмечаются после достижения 7-летнего возраста: самки начинают превосходить самцов как по длине, так и по массе (табл. 1).

Таблица 1. Длина и масса самцов и самок восточноокеанского минтая разного возраста, по материалам 1997–2002 гг.
Table 1. Length and weight of males and females of the East Okhotsk Sea walleye pollock of different ages in 1997–2002

Воз- раст, годы	Самцы					Самки				
	n	длина, см		масса, кг		n	длина, см		масса, кг	
		$M \pm m$	lim	$M \pm m$	lim		$M \pm m$	lim	$M \pm m$	lim
1	35	15,2 ± 0,68	11–24	0,033 ± 0,006	0,01–0,16	16	15,3 ± 0,93	11–24	0,029 ± 0,006	0,01–0,09
2	108	21,3 ± 0,38	11–31	0,062 ± 0,004	0,01–0,16	105	21,5 ± 0,50	11–51	0,068 ± 0,007	0,01–0,70
3	224	27,4 ± 0,30	16–39	0,137 ± 0,005	0,02–0,38	210	27,6 ± 0,30	16–42	0,141 ± 0,005	0,03–0,48
4	277	34,5 ± 0,23	26–43	0,271 ± 0,006	0,09–0,50	191	32,7 ± 0,25	26–44	0,229 ± 0,006	0,11–0,49
5	411	37,5 ± 0,17	32–45	0,344 ± 0,005	0,14–0,59	217	36,4 ± 0,20	30–46	0,309 ± 0,006	0,17–0,57
6	677	39,0 ± 0,12	31–48	0,383 ± 0,004	0,19–0,79	461	39,3 ± 0,14	33–50	0,396 ± 0,005	0,21–0,82
7	706	40,9 ± 0,11	32–51	0,444 ± 0,004	0,19–0,85	810	42,3 ± 0,52	35–46	0,484 ± 0,004	0,04–0,91
8	705	42,6 ± 0,12	32–54	0,502 ± 0,005	0,20–1,13	955	44,9 ± 0,11	23–61	0,612 ± 0,005	0,08–1,57
9	575	43,5 ± 0,15	37–56	0,537 ± 0,007	0,30–1,25	739	46,4 ± 0,16	34–69	0,694 ± 0,009	0,06–2,60
10	325	45,5 ± 0,29	37–61	0,646 ± 0,015	0,29–1,70	440	48,8 ± 0,24	38–64	0,831 ± 0,015	0,33–2,47
11	176	48,0 ± 0,48	36–60	0,778 ± 0,026	0,26–1,67	312	52,6 ± 0,33	40–74	1,091 ± 0,025	0,35–3,65
12	129	50,6 ± 0,63	38–62	0,916 ± 0,039	0,32–2,10	359	56,1 ± 0,32	40–76	1,348 ± 0,026	0,39–3,55
13	41	54,6 ± 1,23	40–65	1,138 ± 0,077	0,35–2,13	156	60,9 ± 0,57	18–81	1,745 ± 0,049	0,04–3,68
14	48	51,1 ± 0,97	39–68	0,948 ± 0,065	0,25–2,35	155	60,8 ± 0,63	42–80	1,770 ± 0,059	0,41–4,09
15	25	55,0 ± 1,38	46–72	1,186 ± 0,109	0,55–2,62	53	65,9 ± 1,12	48–80	2,183 ± 0,112	0,65–4,00
16	11	56,3 ± 3,00	46–76	1,334 ± 0,247	0,58–2,84	55	65,7 ± 1,12	51–81	2,257 ± 0,128	0,85–4,40
17	4	59,3 ± 1,88	55–63	1,474 ± 0,165	1,11–1,86	28	65,0 ± 1,49	52–79	2,037 ± 0,150	0,11–4,25
18	4	51,3 ± 0,82	50–54	0,927 ± 0,078	0,77–1,11	39	65,7 ± 1,34	50–82	2,136 ± 0,116	1,06–3,64
19	3	54,3 ± 0,72	53–56	1,082 ± 0,139	0,74–1,26	9	63,4 ± 2,61	57–78	2,063 ± 0,299	1,24–3,86
20	8	52,0 ± 2,19	47–68	0,904 ± 0,187	0,39–2,25	14	61,6 ± 1,37	53–71	1,835 ± 0,157	0,93–3,06
21	1	47	47	0,698	0,698	6	57,3 ± 0,77	54–59	1,433 ± 0,096	1,06–1,76
22	1	49	49	0,808	0,808	12	61,5 ± 1,76	55–76	1,734 ± 0,199	0,84–3,58
23	–	–	–	–	–	3	58,3 ± 0,27	58–59	1,525 ± 0,042	1,47–1,63
24	1	60	60	1,703	1,703	1	59	59	1,852	1,852
25	–	–	–	–	–	1	63	63	1,44	1,44
Всего	4495					5347				

Примечание: $M \pm m$ – среднее значение показателя и его ошибка, lim – пределы варьирования показателя, n – число исследованных рыб.

Линейный рост восточноохотоморского минтая хорошо описывается уравнением Берталанфи (рис. 1):

$$L(t) = 86,9(1 - e^{-0,071(t+2,15)}), (r = 0,993).$$

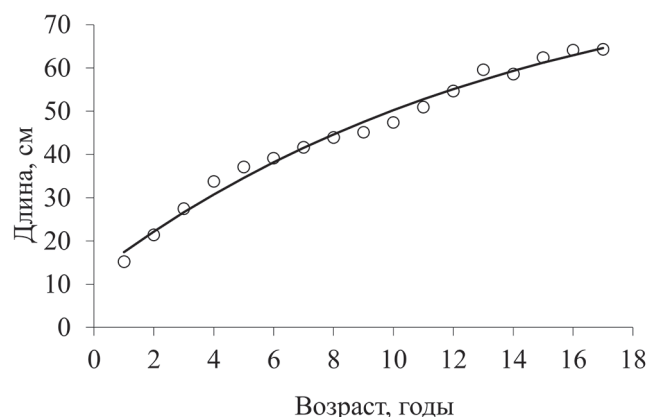


Рис. 1. Линейный рост восточноохотоморского минтая
Fig. 1. Linear growth of the East Okhotsk Sea walleye pollock

Зависимость массы восточноохотомоского мин-
тая от возраста описывается логистической функцией
(рис. 2):

$$L(t) = \frac{2,58}{1 + 44,6 \cdot e^{-0,312t}}, (r = 0,993).$$

Сравнительный анализ темпа роста минтая северной-восточной части Охотского моря с ростом минтая из районов Берингова моря и Юго-Восточной Камчатки показал, что восточноохотоморский минтай

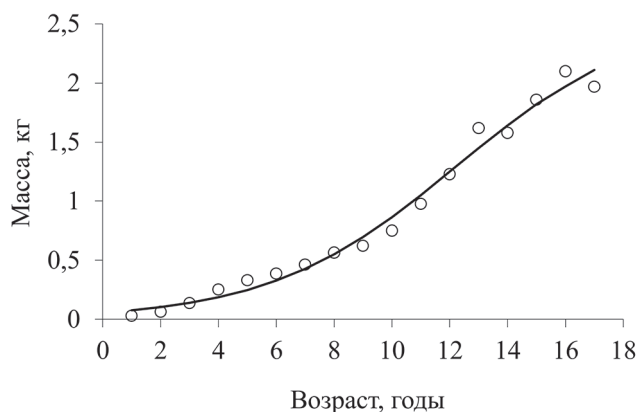


Рис. 2. Весовой рост восточноохотоморского минтая
Fig. 2. Weight growth of the East Okhotsk walleye pollock

в возрасте от 2 до 11 лет характеризовался наименьшей длиной [Кузнецова, 2003]. После достижения возраста 9 лет у рыб всех стад, кроме восточноохотоморского, в среднем, приросты ниже, чем в предыдущие годы. У восточноохотоморского минтая, начиная с 5-летнего возраста, наблюдается практически непрерывное увеличение приростов; а у рыб в возрасте 13–14 лет приросты соизмеримы с таковыми молодых рыб (рис. 3).

Скорость линейного роста восточноохотоморского минтая до 7-летнего возраста наиболее близка к таковой восточнокамчатского (рис. 4). В дальнейшем скорость роста восточноохотоморского минтая повышается, восточнокамчатского — снижается.

Аналогичные тенденции наблюдались при сравнении массы одновозрастных рыб из рассматриваемых

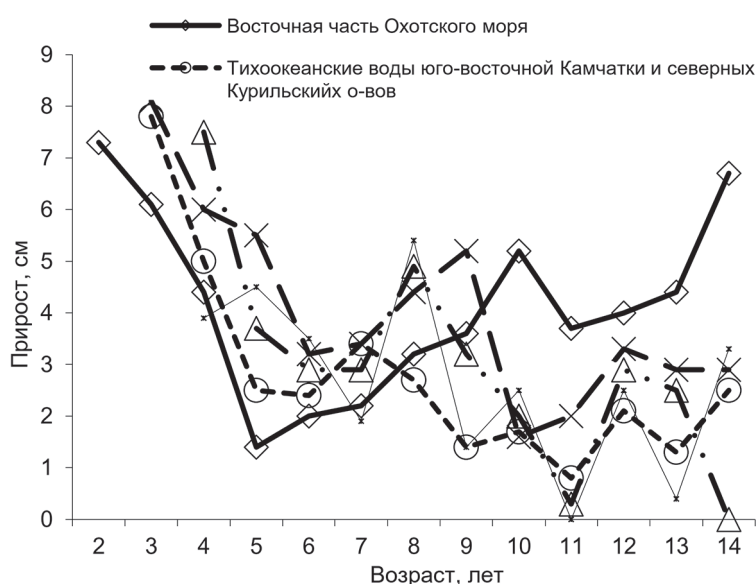


Рис. 3. Годовые приросты длины самок минтая из разных районов
Fig. 3. Walleye pollock females annual growth in the length in different regions



Рис. 4. Относительная скорость линейного роста самок минтая из разных районов
Fig. 4. Walleye pollock females relative rate of linear growth in different regions

районов. У рыб восточноохотоморского стада после достижения 5-летнего возраста весовые приросты относительно велики (рис. 5).

Относительно низкие показатели темпа роста восточноохотоморского минтая до возраста 5–6 лет

в значительной мере соответствуют температурным условиям среды его обитания. Охотское море является наиболее холодным из дальневосточных морей [Добровольский, Залогин, 1982). Значительная часть моря глубоко вдаётся в азиатский материк, поэтому

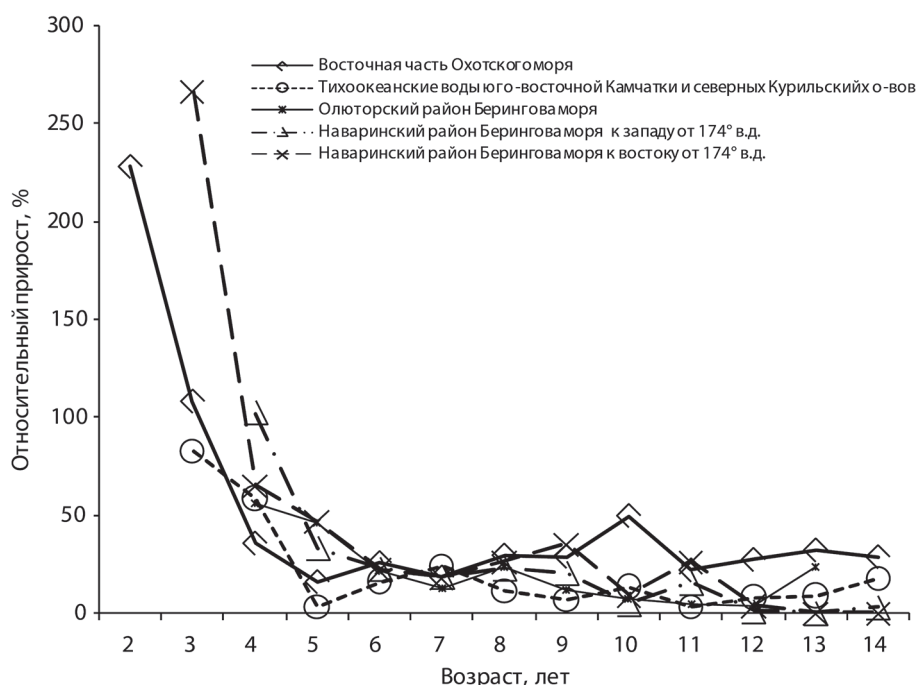


Рис. 5. Относительная скорость весового роста самок минтая из разных районов
Fig. 5. Walleye pollock females relative rate of weight growth in different regions

холодные и продолжительные зимы способствуют сильному выхолаживанию вод. По своим климатическим условиям Охотское море приближается к арктическим морям. Соответственно, темп роста восточнооходоморского минтая младших и средних возрастных групп характеризуется самыми низкими показателями.

Основу нерестового запаса минтая составляют особи от 35 до 55 см, в возрасте 4–9 лет. Размерно-возрастная структура минтая изменяется в зависимости от урожайности поколений. Высокоурожайные поколения могут доминировать в структуре запаса в течение 4–5 лет. Так значительную долю в уловах восточнооходоморского стада минтая в районах нереста в 1994–1998 гг. составляли особи двух смежных высокоурожайных поколений 1989–1990 гг. [Кузнецов и др., 2008]. Особи высокоурожайного поколения 2013 г. доминировали в структуре восточнооходоморского и северооходоморского минтая в период с 2016 по 2019 гг. [Шейбак и др., 2022].

Запасы минтая подвержены значительным колебаниям численности, которые определяются как климатическими факторами, влияющими на эффективность и последующее выживание потомства, так и промысловым воздействием. Исследования А. С. Кровнина [2019] показали отрицательную корреляционную связь между численностью пополнения восточнооходоморского минтая и АТПО в районах нереста и раннего онтогенеза. Урожайные поколения появляются при развитии отрицательных температурных аномалий на нерестилищах. Условия выживания поколений минтая северной части Охотского моря в период 1980–2010 гг. в значительной мере определялись изменениями интенсивности океанической циркуляции, прежде всего, субарктического океанического круговорота. Двухлетний сдвиг между климатическими изменениями и коэффициентом выживания минтая, по-видимому, соответствует времени реакции популяции минтая на режимные сдвиги в колебаниях регионального климата.

Масштабный промысел восточнооходоморского минтая ведётся с середины 1950-х гг. До 1963 г. специализированный промысел минтая в северо-восточной части Охотского моря в основном вела Япония. В 1961–1962 гг. её вылов составлял 1–2 тыс. т, в 1966–1973 гг. — около 100 тыс. т, в 1974 г. — 501 тыс. т. Помимо Японии, минтай ловили здесь и корейские рыбаки [Антонов, 2011]. Российский флот приступил к освоению запасов восточно-оходоморского минтая в 1963 г. К 1969 г. оходоморская минтаевая экспедиция уже насчитывала более 200 единиц флота. В 1974 г. был достигнут вылов 1340 тыс. т. В дальнейшем наблюдается падение уловов как в связи со сни-

жением запасов, так и по причине ухода иностранного флота после введения исключительной экономической зоны СССР в 1977 г.

До 1984 г. специализированный лов минтая в восточной части Охотского моря вели исключительно в районе, лежащем к югу от 54 параллели. В дальнейшем начал развиваться промысел у северо-западного побережья, а с середины 90-х годов — на всей акватории северо-восточной части Охотского моря. До конца 80-х годов главным районом тралового лова минтая в северо-западной части моря ещё оставалась Камчатско-Курильская подзона, но с 1989 г. центр промысла переместился в Западно-Камчатскую подзону. Здесь вылавливали от 56,3 (1989 г.) до 91,4% (1993 г.) общего улова минтая в восточной части Охотского моря.

Масштабный промысел минтая в Северо-Оходоморской подзоне развился в 80-х гг. XX столетия. В 1986–1987 г. вылов составил 0,7 млн т, затем после незначительного снижения уловов в 1990 г., был достигнут максимальный показатель в этой подзоне, составивший 0,95 млн т. После чего уловы стали снижаться.

В 1990–1994 гг. в центральной части Охотского моря, не входящей ни в территориальное море, ни в экономическую зону России (именуемую как анклав), вёлся крупномасштабный нерегулируемый иностранный промысел минтая. Сначала в промысле участвовали суда Республики Корея. В 1991 г. были отмечены суда следующих стран: Республика Корея — 11 единиц, ПНР — 29 единиц, КНР — 9 единиц, Япония — 2 единицы. Экспертная оценка общего вылова в 1991 г. — около 700 тыс. т минтая. Наибольшие уловы на усилие приходились на ноябрь–февраль. В 1992 г. на промысле работало 29 судов Республики Корея, 21 судно ПНР, 5 судов КНР, 4 — под флагом Панамы. Экспертная оценка общего годового вылова — 1 млн т минтая. В 1993 г. промысел вели преимущественно крупнотоннажные траулеры Польши, Кореи и Китая. На акватории, составляющей лишь 2,3% общей площади моря, в 1992 г. иностранный флот дополнительно взял до 80% отечественного годового вылова [Кузнецов, 1996]. Отмечалось, что представленные официальные данные об уловах минтая в анклаве сильно занижены [Фадеев, Смирнов, 1994].

Уловы минтая в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах после высоких показателей промысла, достигнутых в 1996–1997 гг. (1,2 млн т), стали сокращаться, снизившись в 2004 г. до 191 тыс. т, после чего появилась тенденция к их увеличению (рис. 6). С 2010 г. промысел минтая в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах ведёт-

ся в счёт общего ОДУ. В 2010 г. вылов минтая по двум западнокамчатским подзонам увеличился до 620 тыс. т, после чего последовало некоторое сокращение вылова до 525 тыс. т в 2014 г. В период 2016–2019 гг. уловы восточноохотоморского минтая стабилизировались на уровне 617–618 тыс. т. В 2020 г. вылов вырос до 681 тыс. т. За последние 10 лет доля вылова минтая в Западно-Камчатской подзоне составляет 56 %, Камчатско-Курильской – 44 %.

Пик вылова минтая в Северо-Охотоморской подзоне пришёлся на 1995 г., составив 0,91 млн т. В период 1998–2001 гг. годовые уловы в среднем составили 510 тыс. т, в 2002–2008 гг. – 210 тыс. т. Последнее десятилетие наблюдается постепенное увеличение вылова североохотоморского минтая с 286 тыс. т в 2009 г. до 383 тыс. т в 2020 г. (рис. 6).

Начиная с 2007 г. оценка запасов минтая и определение допустимого вылова выполняется для всей популяции, а затем распределяется между тремя подзонами. С 2011 г. соотношение ОДУ по подзонам остаётся неизменным и составляет 36:36:28 %, соответственно, в Северо-Охотоморской, Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах.

В Охотском море основной промысел минтая ведётся в районах нереста, где концентрируются рыбы в преднерестовом состоянии, имеющие наиболее высокую товарную ценность. Преднерестовый и нерестовый минтай формирует плотные скопления в толще воды, а также у дна, которые легко обнаруживаются с помощью рыбопоисковой аппаратуры, что даёт возможность его прицельного облова. Даже в условиях пониженной численности минтай образует плотные скопления, на которых могут быть получены высокие

уловы на рыболовное усилие. В связи с этим снижение уловов на усилие и общих уловов при быстром уменьшении его численности запаздывает, что делает этот вид весьма подверженным перелову [Кузнецов, Грузевич, 2000].

Современный промысел минтая в северо-восточной части Охотского моря регламентируется правилами рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна [Приказ, 2022]. В целях сохранения запасов минтая и осуществления успешного нереста запрещается специализированный промысел в Западно-Камчатской и Камчатско-Курильской подзонах – с начала массового нереста, но не позднее, чем с 1 апреля по 1 ноября (за исключением судов длиной между перпендикулярами менее 34 м, осуществляющих прибрежное рыболовство снюрреводами с 1 июня), и в Северо-Охотоморской подзоне – с начала массового нереста, но не позднее, чем с 10 апреля по 15 октября (за исключением судов, осуществляющих прибрежное рыболовство разнотравами и снюрреводами в период с 15 июня по 15 октября).

Период с января до закрытия промысла в связи с началом массового нереста именуется «сезоном А», с ноября по конец года – «сезоном Б». Большая часть ОДУ (до 90 %) осваивается в «сезон А».

Для западнокамчатских подзон ОДУ минтая устанавливается с 1976 г., для североохотоморской подзоны с – 1980 г., однако реальной мерой регулирования вылова ОДУ становится только в 2000-х гг. [Варкентин, Сергеева, 2017]. Стратегия установления ОДУ североохотоморского минтая не всегда ориентирована на состояние запаса [Кузнецов, Кузнецова, 2010; Булатов,

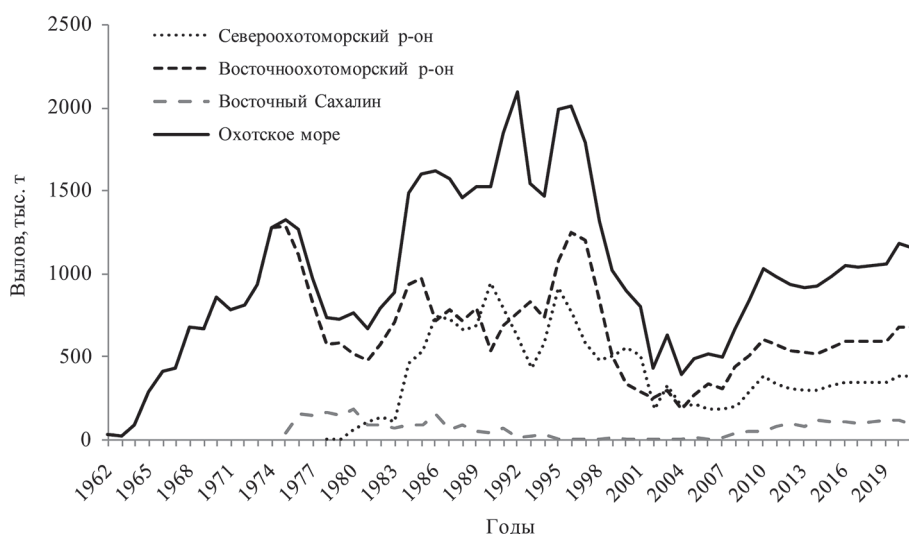


Рис. 6. Динамика вылова минтая в Охотском море в период 1962–2021 гг.

Fig. 6. Time trends catch of different stock Okhotsk Sea walleye pollock

2015]. Результаты проведённого во ВНИРО анализа соотношения нерестового запаса и рекомендованного изъятия (выраженного в процентах от запаса) за период с 1997 по 2006 гг. показали, что нерестовый запас и рекомендованное изъятие зеркально противоположены [Кузнецов, Кузнецова, 2010]. Коэффициент корреляции между этими двумя категориями составил минус 0,73; связь статистически достоверна ($p < 0,95$). В период падения запаса с 1997 по 2001 гг. уровень рекомендованного изъятия характеризовался достаточно высокими значениями (45–58%). В относительно благополучные по состоянию запаса 2003–2006 гг. рекомендованное изъятие было минимальным (12–13%). В результате такого регулирования промысел имел чрезмерное изъятие в 1998–2001 гг. при низком уровне нерестового стада и значительный недолов в 2003–2006 гг. при высоком его уровне. Эта тенденция сохранилась и в последующие годы (рис. 7).

В период высокого уровня запасов минтая фактические возможности его изъятия значительно выше тех оценок, которые выдаются на основе определения нерестового запаса. Связано это с очень значительной недооценкой запаса, что показали как теоретический анализ, так и результаты тралово-акустических съёмов ВНИРО [Кузнецов и др., 2008]. Следовательно, промысловое изъятие североохотоморского минтая адекватно в период высокого уровня запасов и чрезмерно в период низкого [Булатов, 2015].

Масштабный промысел минтая в Восточно-Сахалинской подзоне был организован в 1976 г. Высокий уровень запаса позволял вылавливать до 200 тыс. т, после 1982 г. уловы стали стремительно сокращаться и промысел практически прекратил-

ся. Постепенное восстановление запасов началось в середине 2000-х гг. (рис. 5). В современный период промысел в этой подзоне ведётся с апреля по декабрь. В 2019–2020 гг. вылов минтая в Восточно-Сахалинской подзоне превысил 110 тыс. т.

Помимо специализированного промысла минтая на преднерестовых скоплениях, его добывают в качестве прилова при промысле сельди в Северо-Охотоморской подзоне а также при траловом и снюрреводном промысле донных видов рыб в камчатских подзонах.

Современное состояние запасов североохотоморского минтая характеризуется как среднее с тенденцией к снижению в ближайшие 2–3 года и росту в последующие годы.

По результатам весенней съёмки, выполненной на акватории Охотского моря в апреле-мае 2022 г., частота встречаемости минтая (длиной более 17 см) составила 99% (рис. 8).

В Камчатско-Курильской подзоне численность минтая по результативным уловам варьировала от 220,3 экз. до 914,2 тыс. экз./км², биомасса — от 113,9 кг до 268,2 т/км². Максимальные показатели численности и биомассы минтая (более 80 тыс. экз./км² и 30 т/км²) отмечены в прибрежной части подзоны, в батиметрическом диапазоне 100–300 м, и у начала резкого свала глубин в районе юго-западной оконечности Камчатки на глубинах 476 м. Средние показатели минтая по Камчатско-Курильской подзоне составили 181,7 тыс. экз./км² и 56,4 т/км².

В Западно-Камчатской подзоне частота встречаемости минтая по акватории составила 96,8%, численность по результативным уловам варьировала от

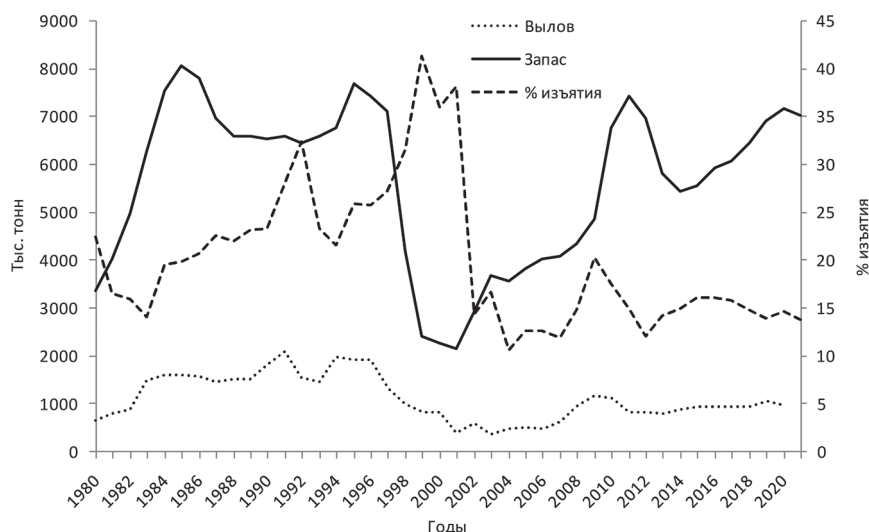


Рис. 7. Изменение нерестового запаса, вылова и доли изъятия североохотоморского минтая в период 1980–2020 гг.
Fig. 7. Time trends of spawning stock, catch and stock removal rate of North Okhotsk Sea walleye pollock

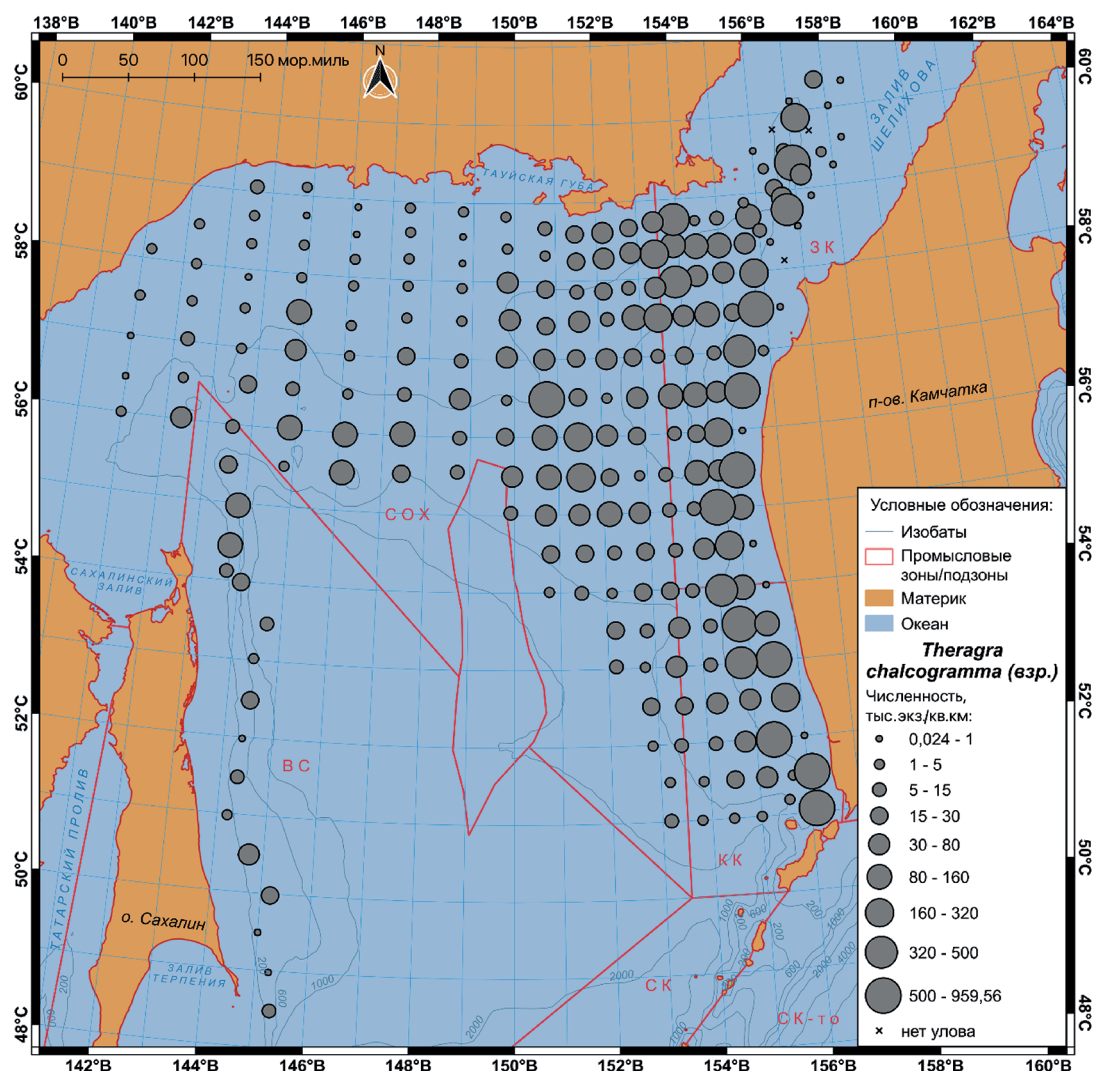


Рис. 8. Распределение взрослых особей минтая в апреле-мае 2022 г.
Fig. 8. Distribution of adult walleye pollock in April-May 2022

23,8 экз. до 959,6 тыс. экз./км², биомасса — от 1,4 кг до 467,4 т/км². Наиболее плотные скопления были локализованы вдоль Камчатского побережья в диапазоне глубин 54–226 м, с увеличением плотности с юга на север: до 55° с. ш. численность минтая составляла до 315,1 тыс. экз./км², между 55 и 56° с. ш. — более 650 тыс. экз./км² (656,2–692,8 тыс. экз./км²), между 56 и 57° с. ш. — до 519,1 тыс. экз./км², между 57 и 58° с. ш. — до 959,6 тыс. экз./км². Севернее, в зал. Шелихова, максимальные уловы минтая наблюдались в более глубоководной части акватории над глубинами 429 м, достигая 908,6 тыс. экз./км². Средние показатели минтая по подзоне составили 127,0 тыс. экз./км² и 467,4 т/км².

В Северо-Охотоморской подзоне частота встречаемости минтая по акватории составила 100,0 %, численность по результативным уловам варьировала в диапазоне от 351,0 экз. до 763,8 тыс. экз./км²,

биомасса — от 192,3 кг до 260,9 т/км². Максимальные уловы были отмечены в северо-восточной части моря на траверсе п-ова Кони (ближе к границе подзоны 3К), где плотность достигала 212,7 тыс. экз./км², и к северо-востоку от границы 200-мильной зоны, где между 55 и 56° с. ш. (151 и 152° в. д.), численность достигала 194,7 тыс. экз./км², а между 56 и 57° с. ш. (150 и 151° в. д.) — 763,8 тыс. экз./км².

В Восточно-Сахалинской подзоне минтай был встречен во всех уловах на глубинах 119 до 1200 м, однако численность его здесь относительно других подзон была наименьшей, составляя от 724,3 экз. до 156,7 тыс. экз./км², биомасса — от 508,2 кг до 98,9 т/км². Максимальная плотность скоплений минтая была отмечена на траверсе п-ова Шмидта (северная оконечность о. Сахалин) — 156,7 тыс. экз./км². На шельфе центральной части острова в координатах 144°4 в. д./50°3 с. ш. численность составляла до 77,9 тыс. экз./км².

В целом, по Охотскому морю наибольшая плотность минтая (численность 100–959,6 тыс. экз./км², биомасса 25–467,4 т/км²) была отмечена на всей протяжённости шельфа Западной Камчатки (подзоны КК и ЗК) от южных районов до зал. Шелихова. Основные концентрации минтая были сосредоточены в батиметрическом диапазоне 50–300 м, преимущественно в придонном слое, и до 429 м в зал. Шелихова. Скопления были зарегистрированы как в области положительных, так и отрицательных температур в горизонте траления. Показатели длины и массы минтая по подзонам приведены в табл. 2. Наибольшими размерами (средняя длина тела 40,8 ± 1,1 см, средняя масса 417,2 ± 181,5 г) характеризовался минтай в Западно-Камчатской подзоне.

В Камчатско-Курильской подзоне минтай был представлен особями длиной от 9 до 72 см (рис. 9), доля молоди составила 50,7% (по численности).

Основу биомассы в этой зоне формировали особи высокочисленной модальной группы 31–36 см, а также группа 41–45 см, их вклад составил 31,87% (1044,4 тыс. т) и 24,72% (810,3 тыс. т), соответственно. Промысловый запас (особи длиной более 37 см) был оценен в 3,868 млрд экз. и 1,872 млн т.

В Западно-Камчатской подзоне минтай был представлен особями от 6 до 77 см (рис. 10), доля молоди составила 30,3%.

Основу биомассы формировали особи длиной 38–48 см, суммарная доля которых составила 69,77% (3674,151 тыс. т). Промысловый запас в Западно-Камчатской подзоне был оценен в 9,096 млрд экз. и 4,632 млн т.

В Северо-Охотоморской подзоне ловился минтай от 6 до 76 см длиной (рис. 11), Молодь составляла 18,7% общей численности, что в количественном выражении – 2,897 млрд экз. Основу биомассы формировали особи размера 37–45 см, суммарная доля

Таблица 2. Биологические показатели минтая в Охотском море в апреле-мае 2022 г.

Table 2. Biological indicators of Okhotsk Sea walleye pollock in the in April-May 2022

Подзона	Минтай	Масса, г			Длина АС, см		
		min	max	среднее ± SD	min	max	среднее ± SD
КК	мол. и сегол.	5,0	9,6	9,3 ± 1,6	9	17	12,4 ± 2,1
	взрослые	238,4	744,6	313,9 ± 145,9	17,9	72	36,6 ± 0,9
ЗК	мол. и сегол.	2,8	25,0	5,7 ± 5,9	6	17	9,8 ± 0,9
	взрослые	45,0	1000,7	417,2 ± 181,5	17,2	77	40,8 ± 1,1
СОХ	мол. и сегол.	1,8	14,0	10,5 ± 2,7	5,7	17	12,5 ± 1,4
	взрослые	162,2	658,2	332,4 ± 97,6	17,1	76,2	38,2 ± 1,1
ВС	мол. и сегол.	9,0	14,0	13,3 ± 2	11	17	13,7 ± 1,7
	взрослые	162,0	1165,1	387,6 ± 207,5	17,2	71,3	39,5 ± 0,8
Всё Охотское море	мол. и сегол.	1,8	25,0	8,5 ± 3,8	5,7	17	11,3 ± 0,5
	взрослые	45,0	1165,1	358,8 ± 142,9	17,1	77	38,9 ± 0,3

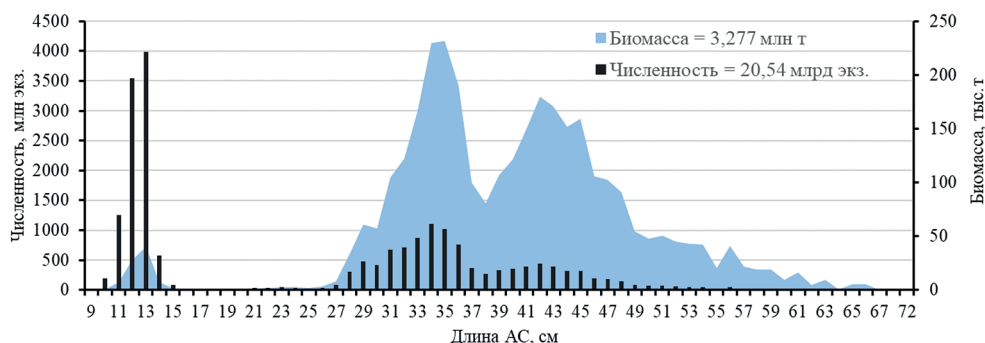


Рис. 9. Распределение численности и биомассы минтая по размерам в Камчатско-Курильской подзоне в апреле-мае 2022 г.

Fig. 9. Abundance and biomass of walleye pollock distribution in the Kamchatka-Kuril subzone in April-May 2022

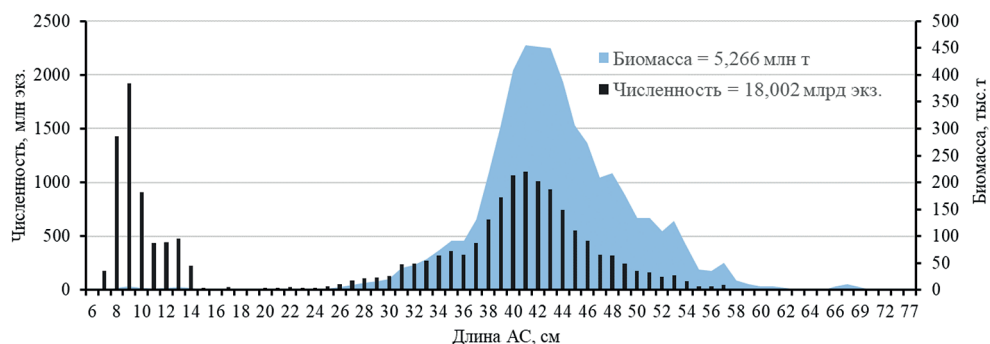


Рис. 10. Распределение численности и биомассы минтая по размерам в Западно-Камчатской подзоне в апреле-мае 2022 г.

Fig. 10. Abundance and biomass of walleye pollock distribution in the West-Kamchatka subzone in April-May 2022

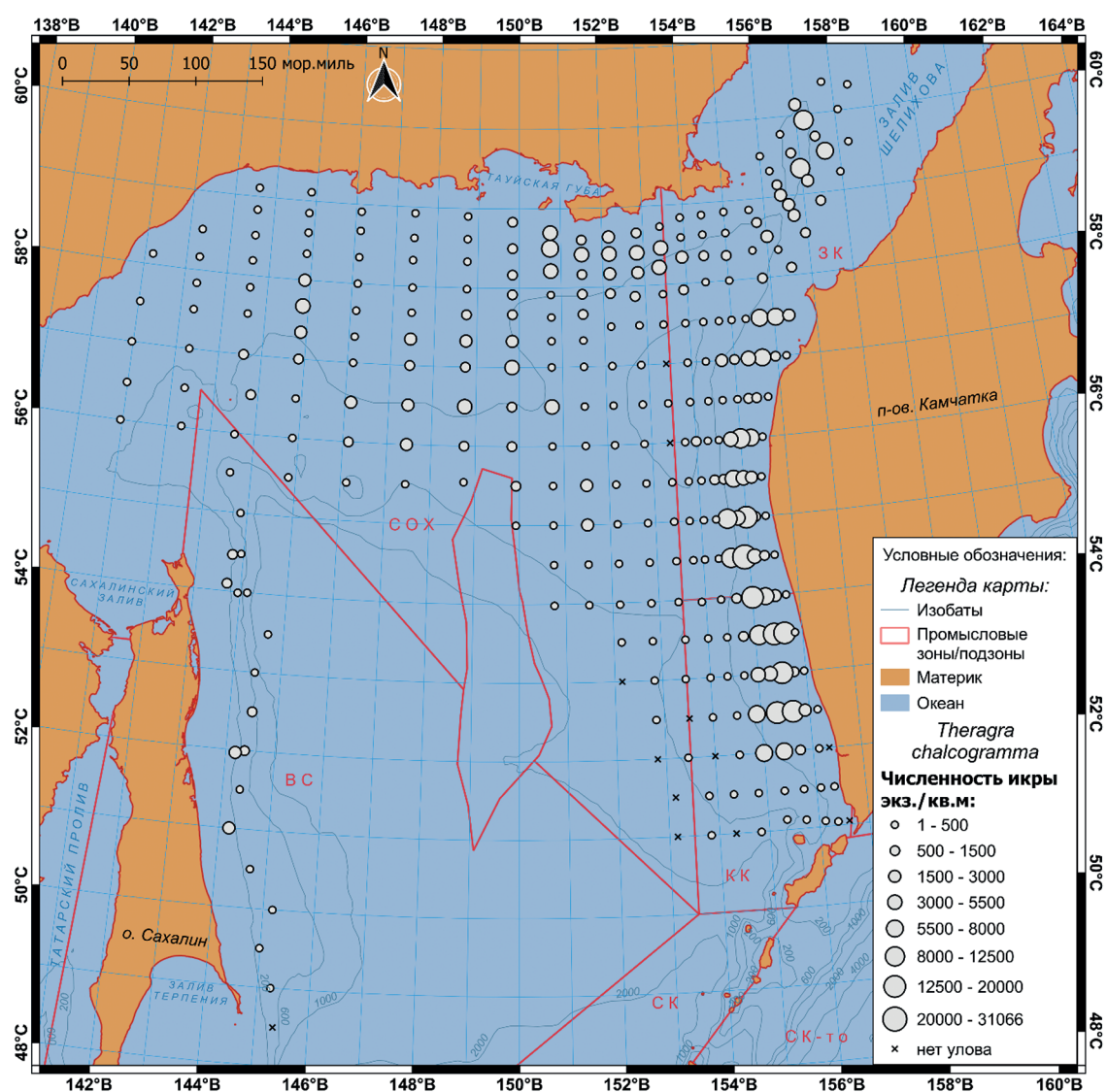


Рис. 11. Распределение икры минтая (экз./м²) в Охотском море в апреле-мае 2022 г.

Fig. 11. Egg of walleye pollock (ind./m²) distribution in the Sea of Okhotsk in April-May 2022

которых составила 69,31% (2923,064 тыс. т). Промысловый запас был оценён в 7,541 млрд экз. и 3,125 млн т.

В Восточно-Сахалинской подзоне минтай был представлен особями от 11 до 72 см (рис. 12). Численность и доля минтая младших возрастных групп в её структуре была минимальной (относительно других подзон) – 112,700 млн экз., что составило всего 5,62%. Основу биомассы (41,6%) формировали рыбы длиной 38–45 см (835,751 млн экз.). Промысловый запас минтая в Восточно-Сахалинской подзоне был оценен в 1,264 млрд экз. и 631,018 тыс. т.

В апреле-мае 2022 г. нерест минтая наблюдался вдоль всего побережья Западной Камчатки. Основные скопления половозрелого минтая располагались ближе к шельфовой зоне: высокая концентрация половозрелых рыб была локализована непрерывной полосой с юга на север, вдоль всего полуострова. В зал. Шелихова половозрелый минтай наоборот был сконцентрирован в глубоководной его части. Пространственное распределение икры во многом повторяло описанное распределение производителей (рис. 13). В восточной части Охотского моря можно выделить одно скопление икры, растянутое вдоль всей Западной Камчатки (52°00'–57°30' с. ш.). Высокие концентрации икры были локализованы в большей степени в пределах шельфовой зоны, на глубинах до 100 м. Средняя плотность икры у побережья Камчатки в 2022 г. составляла 8145 экз./м².

В заливе Шелихова основная часть половозрелого минтая была распределена по глубоководному каньону в северную часть залива, где и проходит основной нерест. Высокие концентрации икры наблюдались над глубоководным жёлобом. Во время проведения исследований в заливе были сформированы наиболее оптимальные гидрологические условия для начала интенсивного нереста. Как следствие, показатели максимального и среднего уловов икры составили 11876 экз./м² и 1909 экз./м².

В Северо-Охотоморской подзоне в период съёмки основные концентрации половозрелого минтая были отмечены как в пределах шельфа, так и за его границей. Максимальные скопления наблюдались в районе возвышенности Лебедя и в притауйском районе. По распределению икры заметно, что наиболее интенсивный нерест минтая, проходил в притауйском районе в координатах между 57°30'–58°30' с. ш. и 150°00'–154°00' в. д. Ещё одно крупное скопление было локализовано от 56°00' до 57°30' с. ш. и 145°00'–151°00' в. д. Средняя плотность этих скоплений икры (уловы свыше 1 тыс. экз./м²) составляла 2628 экз./м², максимальный улов – 7026 экз./м².

Распределение скоплений икры в пределах шельфа североохотоморского района косвенно свидетельствует об их приуроченности к локальным круговоротам, которые препятствуют выносу икры в процессе развития в мористую часть за пределы нерестилищ.

У Восточного Сахалина средний улов икры составил 496 экз./м², максимальный – 2143 экз./м². Основные концентрации были локализованы между 51°00'–52°00' с. ш.

По результатам траловой съёмки, выполненной в весенний период 2022 г., общая численность минтая в Охотском море была оценена в 56,043 млрд экз., биомасса – 13,497 млн т, при этом промысловый запас был оценен в 10,413 млн т и 21,964 млрд экз. Оценки запаса минтая в 2022 г. сопоставимы с величинами, полученными в 2017–2021 гг., когда его биомасса варьировала в пределах 12,701–15,456 млн т, составив в среднем – 13,467 млн т. Такие показатели численности и биомассы соответствуют среднему уровню запаса. В 2022 г. на шельфе Западной Камчатки наблюдался большой прилов молоди (в КК – 50,7%, в ЗК – 30,3% по численности), что может быть признаком появления нового урожайного поколения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Масштабный промысел восточноохотоморского минтая ведётся с середины 1950-х гг. До 1984 г. специализированный лов минтая в восточной части Охотского моря вели исключительно в районе, лежащем к югу от 54 параллели. В дальнейшем начал развиваться промысел у северо-западного побережья, а с середины 90-х годов на всей акватории северо-восточной части Охотского моря. До конца 80-х годов главным районом тралового лова минтая в северо-западной части моря ещё оставалась Камчатско-Курильская подзона, но с 1989 г. центр промысла переместился в Западно-Камчатскую подзону. Масштабный промысел минтая в Северо-Охотоморской подзоне развился в 80-х годах XX столетия. Запасы минтая подвержены значительным колебаниям численности. Наиболее высокие показатели промысла в камчатских подзонах наблюдались в 1996–1997 гг. (1,2 млн т), в Северо-Охотоморской подзоне пик вылова пришёлся на 1995 г., составив 0,91 млн т. В современный период запасы минтая в северо-восточной части Охотского моря находятся на среднем уровне. Масштабный промысел минтая в Восточно-Сахалинской подзоне был организован в 1976 г. При высоком уровне запаса там вылавливали до 200 тыс. т, после 1982 г. уловы стали стремительно сокращаться и промысел практически прекратился. По результатам весенней съёмки 2022 г., общая численность минтая

в Охотском море была оценена в 56,043 млрд экз., биомасса — 13,497 млн т, при этом промысловый запас был оценён в 10,413 млн т и 21,964 млрд экз. Такие показатели численности и биомассы соответствуют среднему уровню запаса. В 2022 г. на шельфе Западной Камчатки наблюдался большой прилов молоди (в КК — 50,7%, в ЗК — 30,3% по численности), что может быть признаком появления нового урожайного поколения.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках Госзадания ФГБНУ «ВНИРО».

ЛИТЕРАТУРА

- Антонов Н.П. 2011. Промысловые рыбы Камчатского края: биология, запасы, промысел. М.: Изд-во ВНИРО. 241 с.
- Борец Т.М., Смирнов А.В. 1986. Распределение личинок минтая в северной части Охотского моря // Тресковые дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. С. 61–68.
- Булатов О.А., 2015. К вопросу о методологии прогнозирования запасов и стратегии промысла минтая // Труды ВНИРО. Т. 157. С. 45–69.
- Варкентин А.И., Сергеева Н.П. 2017. Промысел минтая (*Theragra chalcogramma*) в прикамчатских водах в 2003–2015 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 47. С. 5–45.
- Вдовин А.Н., Смирнов А.В. 1992. Пространственная структура и миграции половозрелого минтая *Theragra chalcogramma* Pallas (Gadidae) в Охотском море // Биологические ресурсы Тихого океана. М.: ВНИРО. С. 5–9.
- Вышегородцев В.А. 1978. О размножении минтая *Theragra chalcogramma* (Pall.) в северо-западной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 102. С. 58–60.
- Добровольский А.Д., Залогин Б.С. 1982. Моря СССР. М.: Изд-во Моск. ун-та. 192 с.
- Кровнин А.С. 2019. Роль крупномасштабных климатических факторов Северного полушария в многолетних колебаниях запасов основных объектов российского промысла. Автореф. ... канд. геогр. наук. М.: ИГ РАН. 23 с.
- Кузнецов В.В. 1996. Рыболовство в центральной части Охотского моря и состояние биологических ресурсов // Итоги шестой (заключительной) сесс. конф. ООН по трансграничным рыбным запасам и запасам далеко мигрирующих рыб (Нью-Йорк, 1995). М.: ВНИРО. С. 42–48.
- Кузнецов В.В. 2001. Запас минтая у Западной Камчатки // Рыбное хоз-во № 1. С. 21–24.

- Кузнецов В.В., Грузевич А.К. 2000. Мониторинг запасов минтая // Рыбное хоз-во. № 2. С. 22–24.
- Кузнецов В.В., Котенёв Б.Н., Кузнецова Е.Н. 1997. Биологическое состояние восточноохотоморского минтая в нерестовый период и гидрологические условия в районе нерестилищ // Тез. Докл. 1-го Конгресса ихтиологов России (Астрахань). М.: ВНИРО. С. 89.
- Кузнецов В.В., Котенёв Б.Н., Кузнецова Е.Н. 2008. Популяционная структура, динамика численности и регулирование промысла минтая в северной части Охотского моря. М.: Изд. ВНИРО. 174 с.
- Кузнецов В.В., Кузнецова Е.Н. 2010. Минтай северной части Охотского моря: зигзаги регулирования // Рыбное хозяйство. № 2, с. 47–49.
- Кузнецова Е.Н. 2003. Сравнительный анализ роста минтая *Theragra chalcogramma* в разных районах северо-западной части Тихого океана // Вопросы ихтиологии. № 1. С. 78–85.
- Микулич Л.В. 1959. Икра и личинки рыб из северной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 47. С. 193–195.
- Приказ Минсельхоза России от 06.05.2022 № 285 «Об утверждении правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна». (Зарегистрировано в Минюсте России 01.06.2022 N 68693). URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202206020007>.
- Смирнов А.В. 1987. Распределение икры южнокурильского минтая // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 88–99.
- Фадеев Н.С. 1987. Нерестилища и сроки размножения минтая северной части Охотского моря // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 5–22.
- Фадеев Н.С., Смирнов А.В. 1994. Распределение, миграция и запасы минтая // Рыбное хоз-во. № 3. С. 33–37.
- Шейбак А.Ю., Антонов Н.П., Кузнецова Е.Н. 2022. Состояние и структура запаса минтая в Охотском море в 2011–2020 гг. // Труды ВНИРО. Т. 187. С. 71–86.
- Шунтов В.П. 1985. Биологические ресурсы Охотского моря. М.: Агропромиздат. 224 с.

REFERENCE

- Antonov N.P. 2011. Commercial fish of the Kamchatka Territory: biology, stocks, fishery. Moskva: VNIRO. 241 p. (In Russ.).
- Borets T.M., Smirnov A.V. 1986. Distribution of pollock larvae in the northern part of the Okhotsk Sea // Cod fish of the Far Eastern seas. Vladivostok: TINRO. p. 61–68. (In Russ.).
- Bulatov O.A. 2015. On the question of the methodology of stock assessment forecasting and pollock fishery strategy // Trudy VNIRO. V. 157. p. 45–69. (In Russ.).
- Varkentin A.I., Sergeeva N.P. 2017. Fishery of pollock (*Theragra chalcogramma*) in Kamchatka waters in 2003–2015 // Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the northwestern part of the Pacific Ocean. V. 47. p. 5–45. (In Russ.).
- Vdovin A.N., Smirnov A.V. 1992. Spatial structure and migrations of mature pollock *Theragra chalcogramma* Pallas (Gadidae) in the Okhotsk Sea // Biological resources of the Pacific Ocean. M.: VNIRO. p. 5–9. (In Russ.).

- Vyshegorodtsev V.A. 1978. About pollock breeding *Theragra chalcogramma* (Pall.) in the northwestern part of the Okhotsk Sea // *Izvestiya TINRO*. V. 102. P. 58–60. (In Russ.).
- Dobrovolskij A.D., Zalogin B.S. 1982. Seas of the USSR. M.: MSU Publish. 192 p. (In Russ.).
- Krovnin A.S. 2019. The role of large-scale climatic factors of the Northern Hemisphere in long-term fluctuations in the stocks of the main objects of the Russian fishery. Ph D. Moskva: IG RAS. 23 p. (In Russ.).
- Kuznetsov V.V. 1996. Fishery in the central part of the Sea of Okhotsk and the state of biological resources // Results of the sixth (final) session of the UN Conf. on Straddling Fish Stocks and Highly Migratory Fish Stocks (New York, 1995). M.: VNIRO Publish. p. 42–48. (In Russ.).
- Kuznetsov V.V. 2001. Pollock stock near Western Kamchatka // *Rybnoe hozyajstvo*. № 1. P. 21–24. (In Russ.).
- Kuznetsov V.V., Gruzevich A.K. 2000. Monitoring stocks of pollock // *Rybnoe hozyajstvo*. № 2. P. 22–24. (In Russ.).
- Kuznetsov V.V., Kotenev B.N., Kuznetsova E.N. 1997. The biological state of the East Sea of Okhotsk pollock during the spawning period and hydrological conditions in the spawning area // Abstr. of the 1st Congress of Ichthyologists of Russia (Astrakhan). M.: VNIRO Publish. P. 89. (In Russ.).
- Kuznetsov V.V., Kotenev B.N., Kuznetsova E.N. 2008. Population structure, population dynamics and regulation of pollock fishery in the northern part of the Okhotsk Sea. M.: VNIRO Publish. 174 p. (In Russ.).
- Kuznetsov V.V., Kuznetsova E.N. 2010. Pollock in the northern part of the Okhotsk Sea: zigzags of regulation // *Rybnoe hozyajstvo*. № 2, ps. 47–49. (In Russ.).
- Kuznetsova E.N. 2003. Comparative analysis of the growth of pollock *Theragra chalcogramma* in different areas of the northwestern part of the Pacific Ocean // *Voprosy ihtologii*, № 1, p. 78–85. (In Russ.).
- Mikulich L.V. 1959. Eggs and larvae of fish from the northern part of the Okhotsk Sea // *Izvestiya TINRO*. V. 47. p.193–195. (In Russ.).
- Smirnov A.V. 1987. Distribution of eggs of South Kuril pollock // Population structure, population dynamics and pollock ecology. Vladivostok: TINRO Publish. P. 88–99. (In Russ.).
- Fadeev N.S. 1987. Spawning grounds and timing of pollock breeding in the northern part of the Okhotsk Sea // Population structure, population dynamics and pollock ecology. Vladivostok: TINRO Publish. p. 5–22. (In Russ.).
- Fadeev N.S., Smirnov A.V. 1994. Distribution, migration and stocks of walleye pollock // *Rybnoe hozyajstvo*. № 3. p. 33–37. (In Russ.).
- Shejbak A.Y., Antonov N.P., Kuznetsova E.N. 2022. Status and structure of pollock stock in the Okhotsk Sea in 2011–2020 // *Trudy VNIRO*. V. 187. p. 71–86. (In Russ.).
- Shuntov V.P. 1985. Biological resources of the Okhotsk Sea. M.: Agropromizdat. 224 p. (In Russ.).

*Поступила в редакцию 18.08.2022 г.
Принята после рецензии 15.09.2022 г.*



Промысловые виды и их биология

Современное состояние, особенности формирования и эксплуатации запасов минтая у южных Курильских островов

С.Л. Овсянникова, Е.Е. Овсянников

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

E-mail: evgeniy.ovsyannikov@tinro-center.ru

Цель работы: анализ состояния запасов минтая в водах южных Курильских островов и уточнение их современного статуса.

Результат: выявлены урожайные поколения, определявшие динамику запасов минтая в южнокурильском районе в 2010-е – начале 2020 гг., определён статус запасов минтая в этот период. Показано, что в начале 2010-х гг. наблюдался максимум биомассы минтая с начала 1990-х гг., а к началу 2020-х гг. запасы снизились до среднего уровня. Выявлены различия состава промысловых уловов при низком и высоком уровне запасов, а также особенности промысла в эти периоды.

Новизна: приводятся новые данные оценок состояния и структуры запасов минтая в южнокурильском районе с 2011 г. по результатам комплексных съёмов. Рассмотрены многолетние данные по результативности промысла и структуре промысловых уловов минтая в Южно-Курильской зоне.

Практическая значимость: полученные результаты по оценке современного состояния и структуры запасов и промысла минтая в Южно-Курильской зоне будут использованы при составлении оперативных и перспективных прогнозов.

Используемые методы: оценка состояния запасов минтая в южнокурильском районе проводится на основании ежегодных комплексных научно-исследовательских экспедиций в соответствии со стандартными методиками, применяемыми в ТИНРО для мониторинга запасов минтая.

Ключевые слова: минтай *Gadus chalcogrammus*, южнокурильский район, запасы, промысел, вылов, размерно-возрастная структура.

Modern status, formation and exploitation of walleye pollock stocks off the southern Kuril Islands

Svenlana L. Ovsyannikova, Evgeniy E. Ovsyannikov

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

The aim of the study is analyze the state and clarify modern status of walleye pollock stocks in the southern Kuril Islands waters.

Result: Strong year-classes are revealed, which determined pollock stock dynamics in the South Kuril region in the 2010s – early 2020s. It is shown, that the maximum pollock biomass since the early 1990s was observed in the early 2010s, and in the early 2020s decreased to the average level. The organization of fishing and the composition of pollock commercial catches off the southern Kuril Islands are differ at low and high levels of stocks.

Novelty: New data on structure and pollock stocks assessment in the South Kuril region since 2011 based on the integrated surveys results are presented. Long-term data on the effectiveness of fishing and the structure of pollock commercial catches in the South Kuril zone are considered.

Practical significance: The obtained estimates of the current state and structure of pollock stock will be used for short-term and long-term forecasts.

Research methods: walleye pollock stocks assessment in the South Kuril region is based on the annual integrated research expeditions in accordance with the standard methods used in TINRO to monitor pollock stocks.

Keywords: walleye pollock *Gadus chalcogrammus*, South Kuril region, stocks, fishing, catch, size-age structure.

ВВЕДЕНИЕ

Минтай (*Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814) – один из самых массовых объектов мирового и приоритетный объект российского рыболовства. В прошлом десятилетии интерес отечественной рыбной промышленности к освоению его ресурсов в Южно-Курильской зоне (ЮКР) значительно вырос. После

2010 г. по объёмам ОДУ и вылову этот запас занимает 4 место после северной части Охотского и северо-западной части Берингова морей, а также восточно-камчатского минтая, и в последние годы – второе место (более 97 %) по уровню освоения ОДУ.

Оценка запасов минтая у южных Курильских островов (ЮКР) методами прямого учёта осуществля-

ется с 2000 г. Ежегодно в весенний период выполняются съёмки, которые являются первым этапом комплексных исследований в Охотском море и прилегающих водах Тихого океана. Параллельно проводятся траловая, акустическая и ихтиопланктонная съёмки, которые сопровождаются фоновыми гидрологическими и гидробиологическими работами. Применение различных методов учётных работ дало возможность получать несколько независимых величин запаса минтая, что повысило их репрезентативность. Основные результаты этих исследований за 2000-е гг. опубликованы [Овсянникова, 2005, 2012; Овсянникова и др., 2012; Буслов, 2013].

Целью этой работы был анализ состояния запасов минтая в водах южных Курильских островов и уточнение их современного статуса. Приводятся данные по оценке численности и биомассы, структуре запасов, а также результативности промысла минтая за 2010-е – начало 2020-х гг. в сравнении с предыдущими периодами.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Методы выполнения указанных съёмок и расчёт на их основе численности и биомассы минтая хоро-

шо освещены в литературе [Качина, Сергеева, 1978; Золотов и др., 1987; Фадеев, 1999; Смирнов и др., 2006; Авдеев и др., 2007]. В данном случае приведём методику проведения тралово-акустических съёмок, так как этот метод является базовым для дальнейшей оценки состояния запасов минтая.

Материалом для работы послужили данные, собранные в 2011–2022 гг. Сбор материала выполнялся на однотипных судах НИС «Профессор Кагановский» (2011–2018, 2020–2022 гг.) или НИС «ТИНРО» (2019 г.). Во все годы неизменными являлись сроки работ (конец марта – начало апреля), орудия лова (канатный трал РТ/ТМ-57/360, а с 2015 г. РТ/ТМ 80/396 с ячейей 30 мм и мелкая ячейной 10-миллиметровой вставкой на последних 10 м кутца), а также методики сбора и обработки материалов, применяемые в ТИНРО для учёта запасов минтая (Авдеев и др., 2005; Овсянникова, 2008). Исключение по срокам было сделано в 2016 г., когда исследования были проведены в июле. Стандартная схема траловых станций при проведении весенних комплексных съёмок в южнокурильском районе представлена на рис. 1. Коррективы в ход выполнения съёмок вносили особенности ледовой обстановки, так как в весенний период зача-

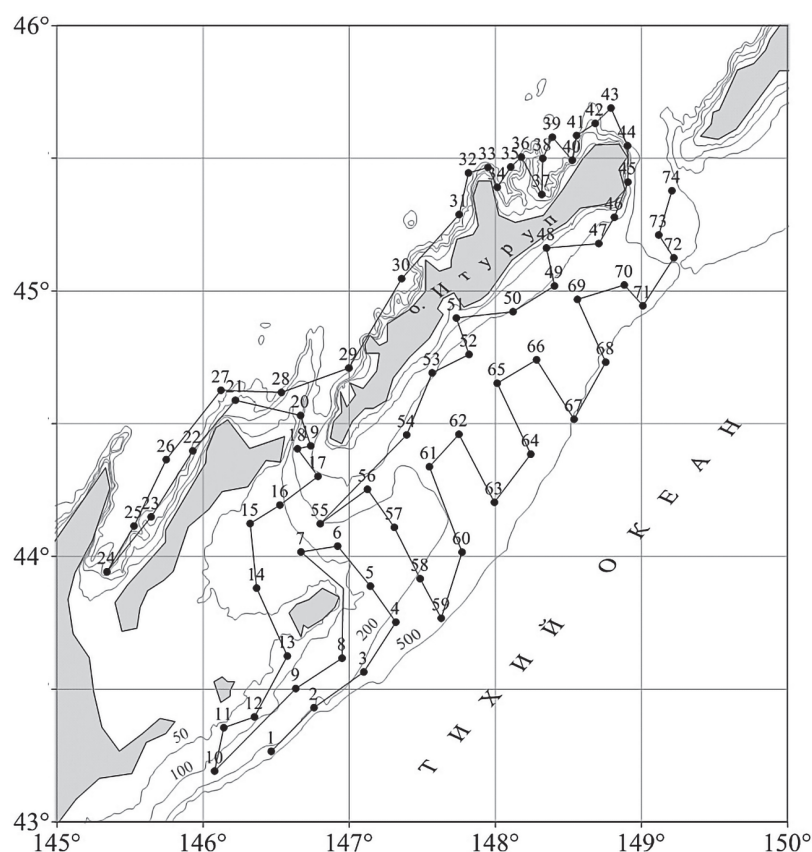


Рис. 1. Стандартная схема траловых станций в южнокурильском районе
Fig. 1. Standard scheme of trawl stations in the South Kuril region

стую идёт вынос льдов через проливы южной части Курильской гряды, и охотоморская сторона ЮКР закрыта тяжёлыми льдами. Съёмки с охватом всей акватории ЮКР были проведены в 2011–2012 и 2015–2016 гг. В некоторые годы (2013–2014, 2019–2022), помимо тихоокеанских вод, траления были выполнены с охотоморской стороны о. Итуруп, а Кунаширский пролив был закрыт льдами. Иногда (в 2017 г.) льды частично закрывали часть полигона с тихоокеанской стороны ЮКР или по организационным причинам съёмка была выполнена за пределами 12-мильной зоны (в 2018 г.). В зависимости от площади съёмки количество тралений с 2011 г. варьировало от 30 до 74, что влияло на полноту учёта запасов минтая.

В основном траления были пелагические, но в ряде случаев, трал вели с касанием грунта. Горизонтальное и вертикальное раскрытие трала определялось с помощью датчика прибора SIMRAD FS 20/25 и SIMRAD FS 70. Облавливаемый горизонт всегда соответствовал слою эхозаписей. При большом вертикальном развитии эхозаписи как однородной, так и различной плотности, облов производится по слоям, начиная с нижнего «ступенчатым» способом [Мельников, 2006]. В процессе траления определялся коэффициент объёмности, который рассчитывается как отношение высоты обловленного скопления к вертикальному раскрытию трала.

Все уловы оценивались в весовом и штучном выражениях, из каждого трала брали пробу 300 экз. минтая для промера со вскрытием и определения пола и стадий зрелости половых продуктов. Помимо этого, формировался массив выборок для составления размерно-возрастных ключей и регрессивных зависимостей (длина-масса тела, темп полового созревания). Для этого проводился сбор биостатистических данных по групповому способу, т. е. полный биоанализ 10 экз. минтая из каждого сантиметрового класса со взятием возрасторегистрирующих структур.

Расчёт запасов минтая по траловым уловам вёлся методом площадей [Аксютин, 1968], в который внесены некоторые дополнения. Во-первых, это поправочный коэффициент, позволяющий учитывать вертикальную составляющую пространственного распределения минтая, а также деление всего района исследований на «микрорайоны», для которых отдельно рассчитываются численность и биомасса и учитывается неоднородность горизонтального распределения объекта исследований [Волвенко, 1998; Мерзляков, Василенко, 2002]. Фактический вылов, пересчитанный на часовое траление с учётом коэффициента объёмности и далее на 1 км², экстраполировался на район данного траления. Далее суммированием проб полу-

чали обобщённый размерный ряд, численность и биомассу минтая на полигоне съёмки.

Анализ промысла выполнен по данным, представленным в Отраслевой системе мониторинга «Рыболовство» (ОСМ), для доступа к ОСМ применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2018¹]. Промысловобихологическая информация собрана наблюдателями ТИНРО на промысле минтая в Южно-Курильской зоне и научно-исследовательской станции «Океаническая» (о. Шикотан).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Динамика запасов минтая в водах южных Курильских островов подвержена значительным колебаниям. По ретроспективным данным, биомасса минтая в этом районе изменялась от 1,2 млн т в конце 1980-х гг. до 80 тыс. т в середине 2000-х, т. е. в 15,6 раза (рис. 2). Исходя из этих пределов, средний уровень биомассы минтая в ЮКР составляет 500 тыс. т. Во второй половине 1980-х гг. она существенно превышала это значение и в среднем составляла 900 тыс. т. В первой половине 1990-х гг. она снизилась до минимума, который не был зафиксирован из-за отсутствия исследований, а в первой половине 2000 гг., несмотря на некоторый подъём в конце 1990-х гг., запасы также находились на низком уровне (в среднем 134 тыс. т). Со второй половины 2000-х гг. начался рост за счёт появления в этот период серии урожайных поколений, и во второй половине 2000 гг. биомасса варьировала около среднего уровня — 474 тыс. т [Овсянникова, 2012].

В 2011–2012 гг. биомасса минтая оценивалась в 767 и 875 тыс. т, соответственно. С учётом того, что снижение запасов началось в начале 1990-х гг., в 2011–2012 гг. в этом районе наблюдался максимум биомассы минтая за более чем 20-летний период. В эти годы и ещё в 2015 г. съёмки были выполнены с охватом всей акватории района, и получены самые высокие оценки запасов в прошлом десятилетии. Даже с учётом недооценки в 2013–2014 гг. в среднем в 2011–2015 гг. биомасса минтая была на высоком уровне и составляла 717 тыс. т.

Во второй половине 2010-х гг. и начале текущего десятилетия, как указывалось выше, ни разу не удалось провести съёмку на всей акватории ЮКР, поэтому сравнение с предыдущими периодами возможно только по оценкам с тихоокеанской стороны. Наиболее высокий уровень в этом районе был зафиксирован раньше, чем пик общего запаса в ЮКР — с 2006

¹ Vasilets P.M. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2018618568, 16.07.2018. Заявка № 2018615646 от 04.06. 2018.

по 2010 гг. с максимумом в 2008 г. (678 тыс. т) (рис. 2). В 2011–2015 гг. биомасса варьировала от 356 до 552 тыс. т (в среднем 442 тыс. т), а после 2015 г. снижалась и в среднем во второй половине 2010-х гг. составляла 357 тыс. т. По многолетним данным средний уровень биомассы минтая с тихоокеанской стороны ЮКР составляет 300 тыс. т, а в начале текущего десятилетия она опустилась ниже и оценивалась в 208,7–251,5 тыс. т.

Динамика биомассы минтая в тихоокеанских водах ЮКР всегда связана с численностью минтая до 3–4 лет, так как здесь находится район роста и нагула молоди [Шунтов и др., 1993]. Стремительный рост численности минтая в ЮКР был зафиксирован в 2006–2009 гг. и обусловлен появлением высокоурожайных поколений в 2005 и 2007 гг., урожайных в 2008–2009 гг. и среднеурожайного в 2006 г. Учётная численность годовиков высокоурожайных генераций составляла 12,1–15,3 млрд экз. и вполне сравнима с таковой в северной части Охотского моря, где к урожайным относят поколения, численность которых

составляет 11–14 млрд экз., а к высокоурожайным – выше 14 млрд экз. [Овсянников, 2009].

В 2011–2015 гг. биомасса минтая в тихоокеанских водах немного снизилась, так как в этот период урожайные поколения появлялись не так часто, как в предыдущий период, а их численность была ниже. В 2011–2012 гг. в возрастной структуре доминировал минтай 2007–2009 гг. рождения (рис. 3). В 2013–2015 гг. по численности выделялись рыбы 2012–2014 гг. рождения, численность годовиков которых составляла 6,3 млрд экз., 1,3 и 8,4 млрд экз., соответственно. Поколения 2012 и 2014 гг. рождения были оценены как урожайные, а 2013 г. рождения – как среднеурожайное.

Во второй половине 2010-х появилось всего 2 урожайных поколения, а тенденция сокращения биомассы в тихоокеанских водах усилилась. Так в летний период 2016 г. в этом районе было учтено 461 тыс. т минтая, что указывает на то, что общий запас в ЮКР был на уровне выше среднего. Минимум был отмечен в 2018 г. (214 тыс. т), что скорее всего было связа-

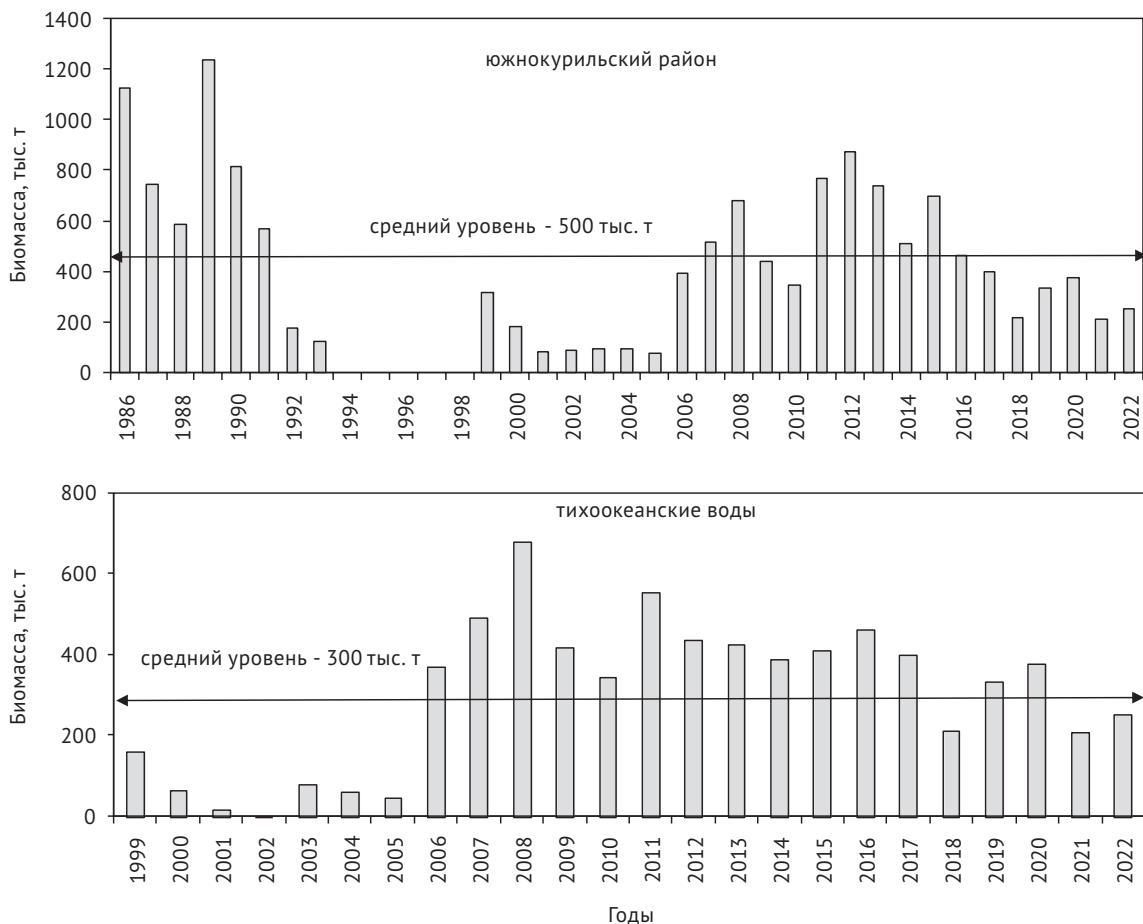


Рис. 2. Динамика биомассы минтая в южнокурильском районе в 1986–2022 гг.

Fig. 2. Dynamics of walleye pollock biomass in the South Kuril region in 1986–2022

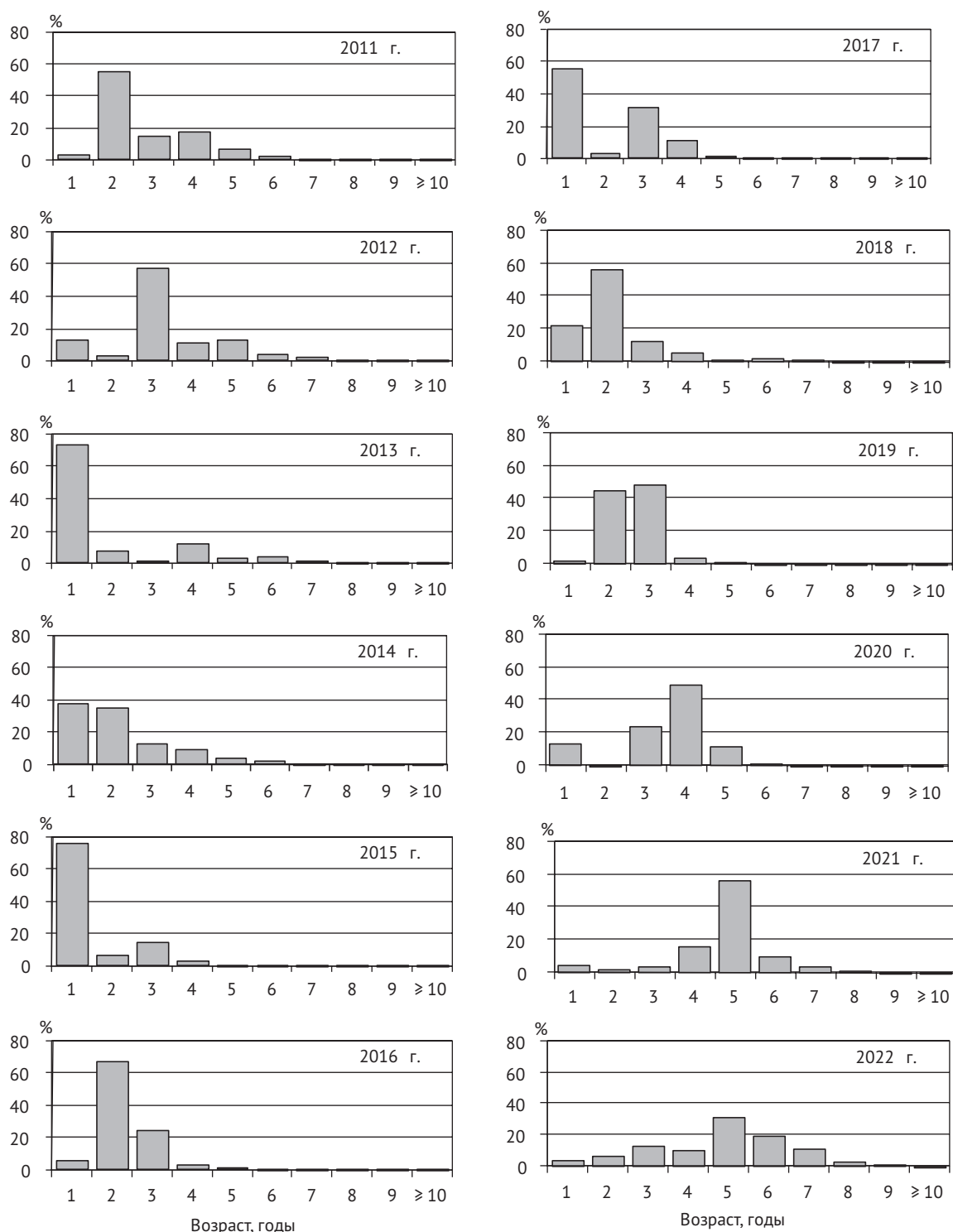


Рис. 3. Возрастной состав минтая в южнокурильском районе в 2011–2022 гг.

Fig. 3. Walleye pollock age composition in the South Kuril region in 2011–2022

но с проведением съёмки за пределами 12-мильной зоны и недоучётом запасов. Также это помешало оценить в полном объёме численность поколения 2017 г. рождения, которое в последующие годы прослеживалось в размерно-возрастной структуре как урожай-

ное. В 2017 г. численность годовиков составляла 2,8 млрд экз., что также позволяет оценивать поколение 2016 г. рождения на уровне урожайного. Эти поколения доминировали в структуре запасов все последующие годы.

Заметно, что в рассмотренные годы численность поколения в тихоокеанских водах снижалась по достижении возраста 4 года, что связано с постепенной миграцией впервые созревающего минтая на охотоморскую сторону ЮКР. Ранее было показано, что минтай начинает перемещаться в охотоморские воды, начиная с 3-годовалого возраста [Овсянникова, 2012]. В отсутствии новых урожайных поколений после 2017 г., в 2021–2022 гг. значительная часть минтая 2016–2017 гг. рождения в возрасте 4–6 лет мигрировала на охотоморскую сторону ЮКР, за счёт чего в тихоокеанских водах численность и биомасса снизились до уровня ниже среднего. Размерно-возрастной состав минтая в эти годы был не характерным для тихоокеанских вод и отличался низкой долей 1–3-годовиков (11–23%).

По данным съёмки, проведённых с полным охватом акватории ЮКР, доля 3-годовиков с охотоморской стороны района составляет около 25%, а 4-годовиков и старше – 53–63%, т. е. недоучёт по численности каждой возрастной группы при проведении съёмки только в тихоокеанских водах составляет более половины (табл. 1). По данным за 2010-е гг. биомасса минтая с охотоморской стороны варьировала в пределах 28–50% от общего учтённого в ЮКР запаса, и в настоящее время за счёт низкой численности молоди вероятнее всего находится на верхнем пределе. Т.е. если в 2022 г. с тихоокеанской стороны было учтено 251,5 тыс.т минтая, то суммарно в ЮКР биомасса минтая составляет около 500 тыс.т и находится на среднем уровне. Осреднённая численность возрастных групп также демонстрирует, что по сравнению с периодом, когда запасы минтая находились на низком уровне (1999–2005 гг.), и периодом роста численно-

Таблица 1. Соотношение численности минтая с тихоокеанской и охотоморской сторон ЮКР в весенний период

Table 1. Ratio of pollock number of in the Pacific and Okhotsk waters in spring period

Подрайон ЮКР	Тихоокеанский	Охотоморский
Возраст, годы	Численность, %	
1	99,5	0,5
2	91,3	8,7
3	75,2	24,8
4	42,8	57,2
5	36,6	63,4
6	40,9	59,1
7	44,4	55,6
8	46,8	53,2
9	37,2	62,8
≥10	40,4	59,6

сти (2006–2010 гг.), в 2010-е гг. численность 1–2-годовиков была на среднем уровне, а 3–4-годовиков – немного выше за счёт вступивших в запас урожайных поколений предыдущего периода высокой численности (рис. 4).

При отсутствии съёмок на всей акватории ЮКР промысловые данные дополняют недостающую информацию о состоянии запасов. На рис. 5 приведён вылов минтая и его структура с 1998 г., год вступления урожайного или среднеурожайного поколения в промысел обозначен на рис. 5 А сверху над выловом. До 2008 г. вылов минтая в Южно-Курильской зоне варьировал в пределах 7,5–42,2 тыс. т с мини-

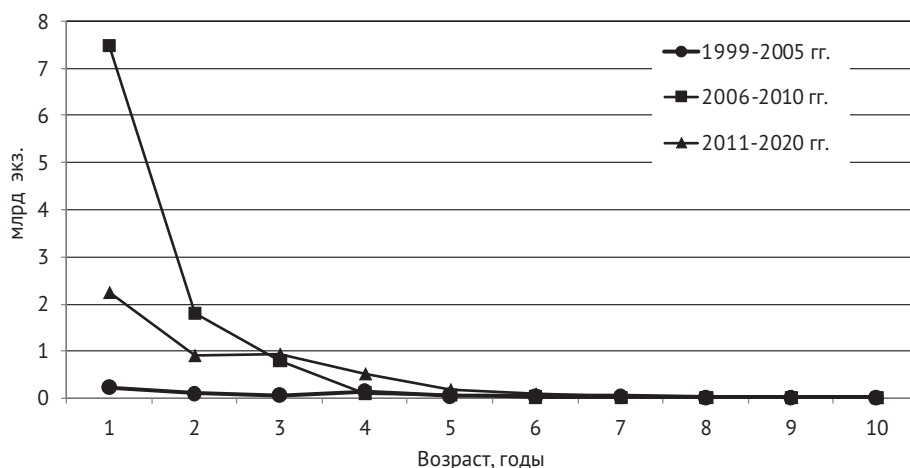


Рис. 4. Численность возрастных групп минтая, осредненная по периодам

Fig. 4. Average number of pollock age by periods

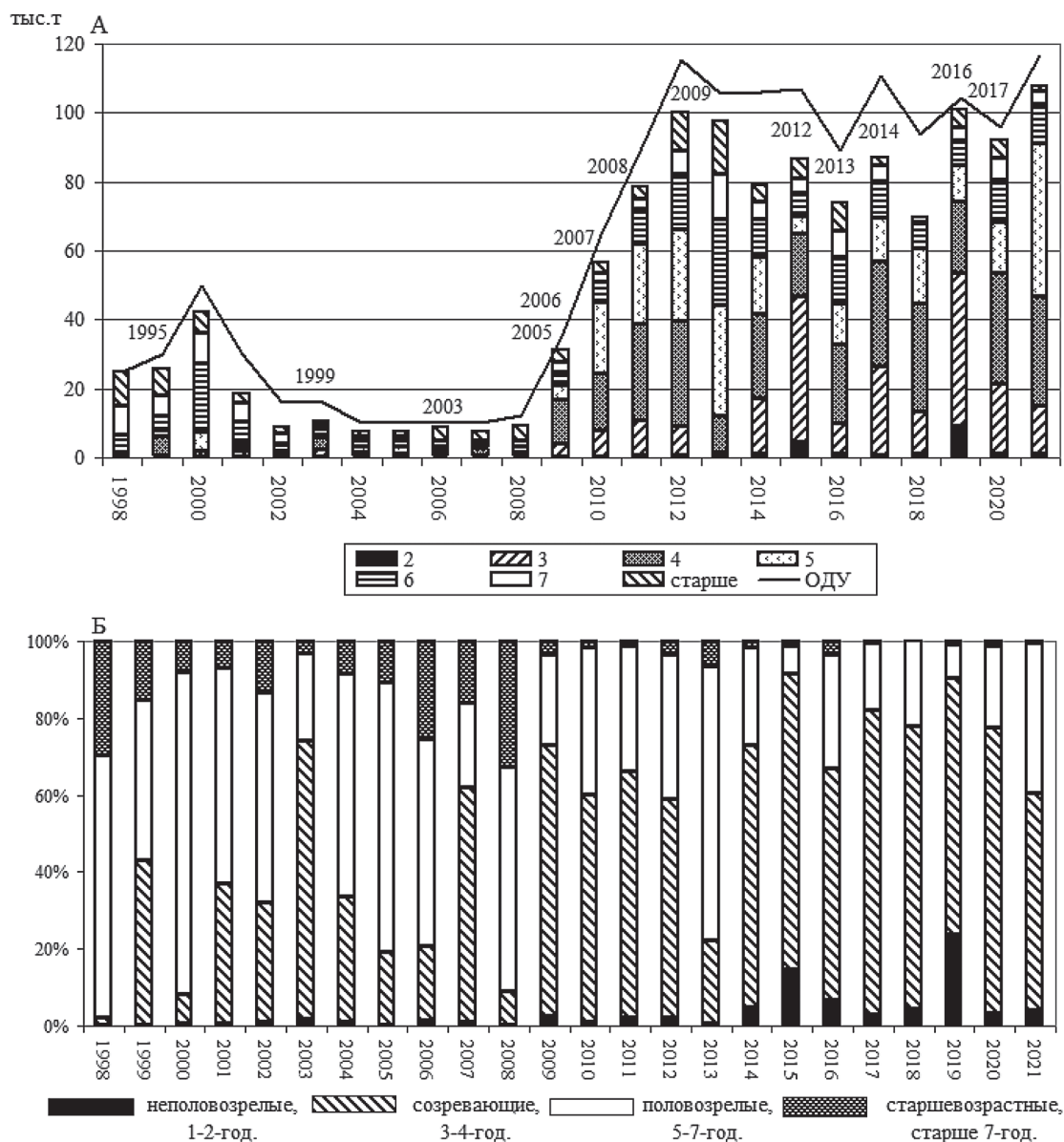


Рис. 5. ОДУ и возрастной состав вылова минтая по биомассе (А) и численности (Б) в Южно-Курильской зоне в 1998–2021 гг.

Примечание: цифрами обозначены годы рождения урожайных и среднеурожайных поколений.

Fig. 5. TAC and pollock catch age composition by biomass (A) and abundance (B) in the South Kuril zone in 1998–2021

Note: strong and medium year-classes are indicated above the annual catch.

мумом в 2005 г., а ОДУ снижался с 50 тыс. т в 2000 г. до 10–12,1 тыс. т в 2004–2008 гг. В промысловых уловах доминировали поколения 1995, 1999 и 2003 гг. рождения.

С началом вступления в промысловый запас серии урожайных поколений 2005–2009 гг. рождения вылов и ОДУ поступательно увеличились к 2012 г. до 115,4 и 100,0 тыс. т, соответственно. Освоение ОДУ в период 2009–2013 гг. было на высоком уровне и в среднем составляло 88,5%. В 2014–2018 гг. вылов снизился до 69,9–87,0 тыс. т, как и уровень освоения

ОДУ (74,4–82,7%). В этот период в промысел вступали поколения 2012–2014 гг. рождения. Некоторое снижение промысловых показателей и их межгодовая изменчивость были связаны с тем, что после резкого всплеска численности во второй половине 2000-х гг., поколения 2010–2011 гг. рождения были неурожайными, а минтай 2005–2009 гг. начал постепенно выбывать из запаса. В 2019–2021 гг. ОДУ был увеличен с связи с ожидаемым вступлением в промысел урожайных поколений 2016–2017 гг. рождения до 95,9–116,7 тыс. т, а освоение на уровне более 90% под-

твердило эти расчёты. Около 20% уловов по биомассе в 2019–2020 гг. составлял минтай 2012–2014 гг. рождения, а в 2021 г. эти поколения практически были из промыслового запаса.

По обобщённым данным доля впервые созревающего минтая (3–4-годовики) по численности в вылове была высокой при любом состоянии запасов и в среднем за все годы составляла 46,3% (рис. 5 Б). При низком уровне запасов она в среднем была 30,3%, но в годы вступления в промысловую часть среднеурожайных поколений достигала 42,8–72,4%. С 2009 г. доля молоди в уловах увеличилась в среднем в 2 раза (63,6%), а в некоторые годы достигала 77–79%. Половозрелые рыбы в уловах были представлены 2-годовиками, доля которых практически во все годы была малозаметной. В 2015 и 2019 г. на эту группу приходилось 14,4 и 23,4%, соответственно, что было связано с высокой численностью 2-годовиков 2014 и 2017 гг. рождения. 5–7-годовики — это в основном половозрелые рыбы, составляющие основу нерестового запаса. До 2009 г. на них приходилось в среднем 53,5% уловов, с 2009 по 2015 гг. — 38,1%, а со второй половины 2010-х гг. их доля сократилась до 20,9%. Аналогичная ситуация наблюдалась и со старшевозрастной рыбой (8-годовики и старше), когда при высоком и среднем уровнях их доля сокращалась, в то время как при низком уровне запасов в среднем 15,7% годового вылова приходилось на крупный минтай.

Таким образом, структура вылова при разном состоянии запасов минтая в южнокурильском районе существенно отличалась. С ростом биомассы и вылова минтая наблюдалось омоложение возрастного

состава уловов, что, в первую очередь, было связано с появлением урожайных поколений и изменениями структуры запаса. Особенностью формирования промыслового запаса в ЮКР является то, что при среднем и высоком уровнях численности минтая его основу составляют впервые созревающие особи в возрасте 3–4 года.

Также на состав уловов влияли место, время и организация промысла. До 2009 г. промысел вёлся преимущественно в период образования преднерестовых скоплений и нереста минтая (рис. 6). В 1999–2008 гг. ноябре–январе вылавливалось в среднем 43,6% годового вылова, а на декабрь приходилось около четверти вылова. Промысел был направлен на вылов крупной половозрелой рыбы, которая образовывала плотные скопления в Кунаширском проливе, и выработку икорной продукции. На остальной акватории ЮКР скопления минтая были более разреженные, а промысел вёлся эпизодически. С ростом запасов в 2010-е гг. промысел минтая сместился на нагульный период — с мая по октябрь. Наиболее результативный промысел ведётся в июне–сентябре, когда добывается в среднем 47,7% годового вылова. Основным районом промысла стали тихоокеанские воды ЮКР, где минтай образует скопления от о-вов Малой Курильской гряды до о. Уруп. В нерестовый период вылов сократился и составил в среднем 21,7% от годового.

Одним из самых важных промысловых показателей, который отражает состояние запасов объекта промысла, является вылов за судо-сутки лова (рис. 7). Минимальные величины суточного вылова как у крупнотоннажного (КТФ), так и у среднетоннажного (СТФ)

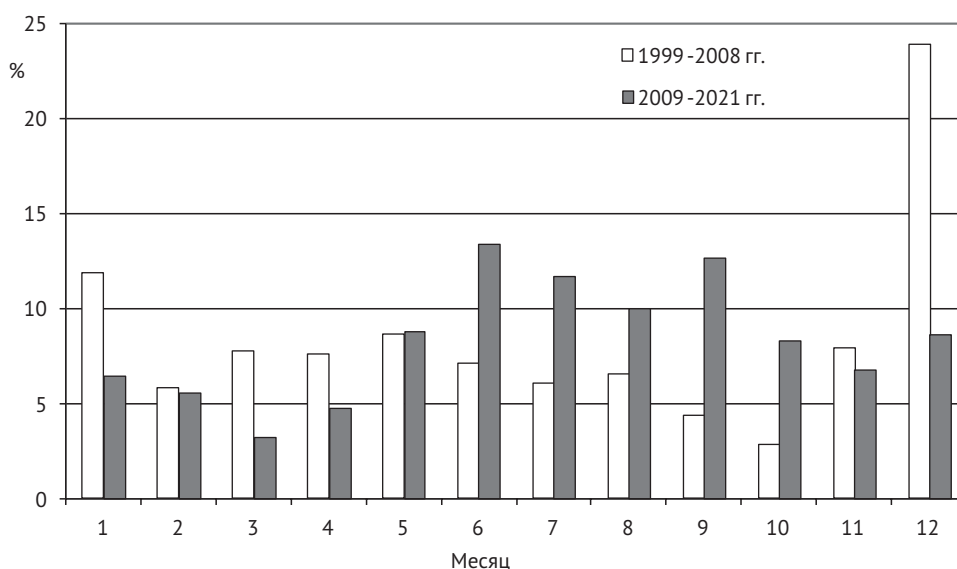


Рис. 6. Осреднённый вылов минтая по месяцам в Южно-Курильской зоне
Fig. 6. Average pollock catch by months in the South Kuril zone

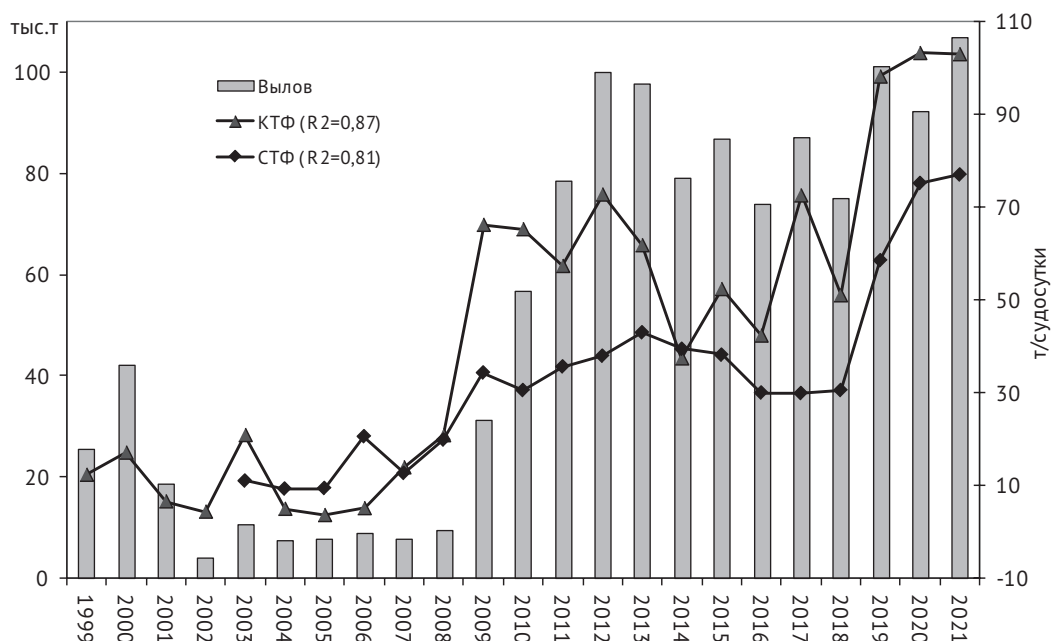


Рис. 7. Вылов минтая и суточные уловы по группам флота в Южно-Курильской зоне в 1999–2021 гг.

Fig. 7. Annual and daily pollock catch by vessel type in the South Kuril zone in 1999–2021

флота наблюдались до 2009 г. Затем в 2009–2013 гг. у КТФ отмечалось резкое увеличение вылова до 62–76 т/судо-сутки, а у СТФ уловы постепенно выросли до 31–43 т/судо-сутки. В 2014–2018 гг. в соответствии с состоянием запасов было небольшое снижение, а с 2019 г. промысловые показатели резко пошли вверх, достигнув максимума в 2021 г.: у КТФ – 103,7 у СТФ – 77,1 т/судо-сутки. Конечно, динамика промысловых показателей, в первую очередь, была обусловлена состоянием запасов минтая. Однако, помимо этого фактора, на результативность промысла заметное влияние оказывала и его организация. В немалой степени рост уловов на судо-сутки в 2019–2021 гг. был связан со сдачей уловов на береговые предприятия в живом, свежем и охлажденном виде. Это позволяло учитывать весь улов, в том числе и молодь, которая в дальнейшем также шла в переработку или экспортировалась в Южную Корею.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В первой половине 2010-х гг. биомасса минтая была на уровне выше среднего, который по многолетним данным для южнокурильского района составляет 500 тыс. т, а в 2012 гг. наблюдался максимум с начала 1990-х гг. – 875 тыс. т. Во второй половине 2010-х гг. запасы минтая немного снизились, но также превышали средний уровень, а к началу 2020 г. сократились и оцениваются для всего района в 500 тыс. т.

В 2010-е в структуре запасов минтая в южнокурильском районе были учтены урожайные положе-

ния – 2012, 2014 и 2016–2017 гг. рождения, а также среднеурожайное – 2013 г. рождения. В промысловой части запаса в первой половине десятилетия основу уловов составлял минтай урожайных поколений 2005–2009 гг. рождения, в середине 2010-х гг. – поколения 2012–2014 гг. рождения, а с 2019 г. – рыбы 2016–2017 гг. рождения.

Вылов минтая в Южно-Курильской зоне с начала 2010-х гг. был на порядок выше, чем в 2000-е гг. Для выхода на высокий уровень было необходимо 5 подряд урожайных поколений, а для поддержания запаса на новом уровне – 3–4 урожайных поколения в промысловой части запаса. При средней и высокой численности основу промысловых уловов составляет впервые созревающий минтай в возрасте 3–4 года, при низкой – доля средне- и старшевозрастной рыбы заметно выше.

В 2010-е гг. наблюдался рост промысловых показателей, а их максимум был достигнут в 2021 г., что было связано как с состоянием запасов, так и организацией промысла. В связи с отсутствием урожайных поколений после 2017 г., в ближайшие 3 года ожидается, что запасы минтая в южнокурильском районе сократятся до уровня ниже среднего.

Благодарности

Авторы выражают глубокую признательность участникам экспедиций в южно-курильском районе, принимавшим участие в сборе и обработке материалов, использованных в статье.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках Госзадания Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»).

ЛИТЕРАТУРА

- Авдеев Г.В., Овсянников С.Л., Овсянников Е.Е. 2007. Опыт применения ихтиопланктонного метода для учёта запасов минтая Охотского моря // Мат. докл. Межд. науч.-практ. конф. «Проблемы изучения, сохранения и восстановления водных биологических ресурсов в XXI в.» Астрахань: КаспНИРХ. С. 21–23.
- Авдеев Г.В., Овсянникова С.Л., Овсянников Е.Е. 2005. Результаты оценки запаса минтая в северной части Охотского моря по ихтиопланктонной съёмке в 2004 г. // Вопросы рыболовства. Т. 6, № 2 (22). С. 298–325.
- Аксютин З.М. 1968. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. М.: Пищевая промышленность. 228 с.
- Буслов А.В., Бирюков И.А., Василец П.М., Великанов А.Я., Галанин Д.А., Каев А.М., Ким С.Т., Низяев С.А., Ромасенко Л.В., Сморонов И.П., Филатов В.Н., Шепелев Ю.Н. 2013. Промысел биоресурсов в водах Курильской гряды: современная структура, динамика и основные элементы. Южно-Сахалинск: СахНИРО. 264 с.
- Волвенко И.В. 1998. Проблемы количественной оценки обилия рыб по данным траловой съёмки // Известия ТИНРО. Т. 124. С. 473–500.
- Золотов О.Г., Качина Т.Ф., Сергеева Н.П. 1987. Оценка запасов восточнооходоморского минтая // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 65–73.
- Качина Т.Ф., Сергеева Н.П. 1978. Методика расчёта нерестового запаса восточнооходоморского минтая // Рыбное хозяйство. № 12. С. 13–14.
- Мельников И.В. 2006. К методике выполнения крупномасштабных пелагических траловых съёмок // Труды ВНИРО. Т. 146. С. 118–132.
- Овсянников Е.Е. 2009. Оценка урожайности поколений минтая в северной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 157. С. 64–80.
- Овсянникова С.Л. 2005. Современное состояние запасов и промысел минтая в районе южных Курильских островов // Вопросы Рыболовства. Т. 6, № 2 (22). С. 346–362.
- Овсянникова С.Л. 2012. Оценка и прогнозирование запасов минтая южно-курильского района // Известия ТИНРО. Т. 170. С. 45–59.
- Овсянникова С.Л., Авдеев Г.В., Овсянников Е.Е., Жигалов И.А. 2008. Особенности нереста, распределение и оценка

запасов минтая в водах южных Курильских островов в 2006 г. // Известия ТИНРО. Т. 154. С. 16–36.

Овсянникова С.Л., Овсянников Е.Е., Пономарев С.С., Раклистова М.М., Шейбак А.Ю. 2012. Запасы и промысел минтая в Южно-Курильской зоне в 2011–2012 гг. // Мат. Всерос. науч. конф., посвящ. 80-летию юбилею ФГУП «КамчатНИРО». Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 197–202.

Смирнов А.В., Авдеев Г.В., Николаев А.В., Шевцов В.И. 2006. Об оценке запасов оходоморского минтая инструментальными методами // Труды ВНИРО. Т. 146. С. 132–152.

Фадеев Н.С. 1999. Методика оценки запасов минтая по численности икры и размерно-возрастному составу // Биология моря. Т. 25. № 3. С. 246–249.

Шунтов В.В., Волков А.Ф., Ефимкин Ф.Я. 1988. Состав и современное состояние сообществ рыб пелагиали тихоокеанских вод Камчатки и Курильских островов // Биология моря. № 4. С. 54–62.

REFERENCES

- Avdeev G.V., Ovsyannikov E.E., Ovsyannikova S.L. 2007. The experience of applying the ichthyoplankton method for surveying walleye pollock stocks in the Sea of Okhotsk // Proc. Int. Sci.-Pract. Conf. «Issues of the Study, Conservation, and Restoration of Aquatic Biological Resources in the 21st Century». Astrakhan: KaspNIRKH. Pp. 21–23. (In Russ.).
- Avdeev G.V., Ovsyannikova S.L., Ovsyannikov E.E. 2005. Estimation of walleye pollock stock in the Northern Okhotsk Sea by results of ichthyoplankton survey 2004 // Problems of Fisheries. V. 6. No. 22. Pp. 298–325. (In Russ.).
- Aksyutina Z.M. 1968. Elements of mathematical evaluation of the results of observations in biological and fishery research. Moscow: Food industry. 228 p. (In Russ.).
- Buslov A.V., Biryukov I.A., Vasilets P.M., Velikanov A.Ya., Galanin D.A., Kaev A.M., Kim S.T., Nizyaev S.A., Romasenko L.V., Smornov I.P., Filatov V.N., Shepelev Yu.N. 2013. Fishery of bioresources in the waters of the Kuril chain: modern structure, dynamics and main elements. Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO. 264 p. (In Russ.).
- Volvenko I.V. 1998. Problems of quantitative assessment of fish abundance according to trawl survey data // Izvestiya TINRO. V. 124. Pp. 473–500. (In Russ.).
- Zolotov O.G., Kachina T.F., Sergeyeva N.P. 1987. Assessment of the stocks of the East Sea pollock // Population structure, population dynamics and ecology of walleye pollock. Vladivostok: TINRO. Pp. 65–73. (In Russ.).
- Kachina T.F., Sergeyeva N.P. 1978. A method of counting the spawning stocks of the Eastern Kamchatka walleye pollock // Food industry. V. 12. Pp. 13–14. (In Russ.).
- Melnikov I.V. 2006. On the methodology for performing large-scale pelagic trawl surveys // Proceedings of VNIRO. V. 146. Pp. 118–132. (In Russ.).
- Ovsyannikov E.E. 2009. Evaluation of the yield of pollock generations in the northern part of the Sea of Okhotsk // Izvestiya TINRO. V. 157. Pp. 64–80. (In Russ.).
- Ovsyannikova S.L. 2005. The current state of stocks and fishery of walleye pollock in the area of the southern Kuril

- Islands // Problems of Fishing. V.6. No. 2 (22). Pp. 346–362. (In Russ.).
- Ovsiyannikova S.L. 2012. Estimation and forecasting of pollock stocks in the South Kuril region // Izvestiya TINRO. V. 170. 45–59 p. (In Russ.).
- Ovsiyannikova S.L., Avdeev G.V., Ovsiyannikov E.E., Zhigalov I.A. 2008. Features of spawning, distribution and assessment of pollock stocks in the waters of the southern Kuril Islands in 2006 // Izvestiya TINRO. V. 154. Pp. 16–36. (In Russ.).
- Ovsiyannikova S.L., Ovsiyannikov E.E., Ponomarev S.S., Raklistova M.M., Sheybak A. Yu. 2012. Stocks and fishery of pollock in the South Kuril zone in 2011–2012. // Conference dedicated to the 80th anniversary of KamchatNIRO. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO. Pp. 197–202. (In Russ.).
- Smirnov A.V., Avdeev G.V., Nikolaev A.V., Shevtsov V.I. 2006. On the assessment of the stocks of pollock of the Sea of Okhotsk by instrumental methods // Proceedings of VNIRO. V. 146. Pp. 132–152. (In Russ.).
- Fadeev N.S. 1999. Methodology for assessing pollock stocks by the number of eggs and size and age composition // Marine Biology. V. 25. No. 3. Pp. 246–249. (In Russ.).
- Shuntov V.V., Volkov A.F., Efimkin F. Ya. 1988. Composition and current state of fish communities in the pelagial of the Pacific waters of Kamchatka and the Kuril Islands // Biology of the sea. No. 4. Pp. 54–62. (In Russ.).
- Поступила в редакцию 02.09.2022 г.
Принята после рецензии 19.09.2022 г.*



Промысловые виды и их биология

Воспроизводство, ресурсы и промысел минтая в заливе Петра Великого в современный период

А.В. Буслов, А.А. Байталюк, Е.Е. Овсянников, А.В. Смирнов

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

E-mail: evgeniy.ovsyannikov@tinro-center.ru

Цель работы: охарактеризовать современное состояние воспроизводства, ресурсы и промысел минтая в заливе Петра Великого.

Результат: показано, что появление в водах залива Петра Великого урожайного поколения 2014 г. рождения привело к существенным изменениям состояния запаса, воспроизводства и добычи этого вида. Биомасса минтая значительно увеличилась, на традиционных нерестилищах в заливе возобновился массовый нерест минтая, его вылов в водах Приморья резко увеличился и достиг рекордных значений. Тем не менее, за три нерестовых сезона этой генерации какого-либо значимого пополнения не появилось, поэтому в ближайшие годы следует ожидать возвращения этого ресурса к низкому уровню численности.

Новизна: на основе исследований, выполненных в 2019–2022 гг. представлены актуальные данные о воспроизводстве, современном состоянии и структуре запаса минтая в заливе Петра Великого.

Практическая значимость: полученные результаты по оценке современного состояния и структуре запаса приморского минтая будут использованы для составления оперативных и перспективных прогнозов.

Используемые методы: оценка состояния ресурса выполнена на основе материалов научно-исследовательских донных траловых и иктиопланктонных съёмок и с использованием данных по вылову минтая из Отраслевой системы мониторинга «Рыболовство».

Ключевые слова: минтай *Gadus chalcogrammus*, залив Петра Великого, запас, пополнение, промысел, размерно-возрастная структура.

Reproduction, stock status and fishery for walleye pollock in Peter the Great Bay in the modern period

Alexandr V. Buslov, Alexey A. Baytalyuk, Evgeniy E. Ovsyannikov, Anatoliy V. Smirnov

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

The aim of the study is to analyze the current state of reproduction, resources and pollock fishery in Peter the Great Bay.

Result: It is shown that the increase in pollock abundance is associated with the appearance of a strong year-class of 2014 in Peter the Great Bay. Pollock biomass has increased significantly, mass spawning has resumed in traditional spawning areas, commercial catch of pollock increased to record levels. However, during the three spawning seasons of the year-class 2014 there was no significant recruitment, so the fish stock is expected to return to a low level.

Novelty: The results of scientific research conducted in the Peter the Great Bay in 2019–2022 made it possible to obtain new data on the reproduction, current state and structure of pollock stock.

Practical significance: The obtained estimates of the current state and structure of pollock stock will be used for short-term and long-term forecasts.

Research methods: The data of research bottom trawl and ichthyoplankton surveys and pollock catch statistics from the Industry Monitoring System (OSM «Fishing») were used.

Keywords: walleye pollock *Gadus chalcogrammus*, Peter the Great Bay, year-classes, recruits, stock, fishery, age, body length.

ВВЕДЕНИЕ

Минтай *Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814 залива Петра Великого считается одной из нескольких некрупных популяций этого вида в Японском море [Шунтов и др., 1993; Фадеев, 2009]. В результате многочисленных исследований второй половины XX века были выявлены закономерности его нереста, распре-

деления, миграций и динамики численности [Кагановская, 1954; Веденский, 1971; Гаврилов, Безлюдный, 1986; Нуждин, 1987]. Установлено, что функциональная структура ареала в период нагула, помимо залива Петра Великого, включает и воды южного Приморья, тем не менее, масштабы воспроизводства минтая за пределами залива невелики [Нуждин, 1998]. Ис-

ходя из сроков массового икрометания, сделан вывод о существовании в заливе Петра Великого двух волн нереста — осенне-зимнего и весеннего с пиками в ноябре-декабре и марте-апреле, соответственно. Основной район воспроизводства в осенне-зимний период располагался в юго-западной части залива, в то время как наибольшие скопления икры во время весеннего нереста регулярно отмечались в восточной части залива. Важно заметить, что промысел минтая в заливе традиционно был приурочен к нерестовому периоду.

Многолетняя динамика интенсивности воспроизводства минтая на акватории залива Петра Великого соответствовала изменениям численности нерестового запаса. В результате устойчивой тенденции снижения последнего к середине 1980-х гг. практически исчез осенне-зимний нерест, а через десятилетие многократно сократилось количество вымётываемой икры и во время весеннего нереста [Фадеев, 2009]. По этой причине ихтиопланктонные съёмки, направленные на учёт икры минтая, с 1994 г. были прекращены. Попытки возобновить эти работы в 2004–2006 гг. подтвердили критически низкий уровень воспроизводства (штучные поимки икринок) и нецелесообразность проведения съёмок для оценки запасов. Промысел в эти годы также пребывал в стагнации — ежегодный вылов сократился до 1,5–2,5 тыс. т [Нуждин, 2008].

Исследования последнего десятилетия имели в большей степени теоретический характер и касались, в основном, вопросов изучения механизмов и закономерностей формирования урожайных поколений, а также динамики численности минтая залива Петра Великого [Вдовин и др., 2017; Зуенко, Нуждин, 2018; 2020].

Вместе с тем, в 2015 г. в ходе донных траловых исследований в заливе и прилегающих водах южного Приморья было зафиксировано появление урожайного поколения минтая 2014 г. рождения, численность которого в годовалом возрасте оказалась рекордной за всё время наблюдений [Вдовин и др., 2017]. По мере роста рыб этой генерации было логично ожидать существенных изменений в состоянии ресурсов минтая залива Петра Великого и, соответственно, его нереста и добычи. В этой связи, авторами настоящей работы в 2019–2022 гг. был спланирован и выполнен ряд исследований, позволяющих охарактеризовать современное состояние воспроизводства, ресурсы и промысел минтая в заливе Петра Великого в условиях доминирования урожайного поколения 2014 г. Изложение результатов этих работ и явилось целью настоящей статьи.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

За период исследований было выполнено 16 ихтиопланктонных съёмок (табл. 1). Наибольшая продолжительность и акватория работ пришлась на 2019 г., что было необходимо для выявления основных районов и сроков икрометания минтая после многолетнего перерыва выполнения подобных съёмок. С учётом полученных результатов съёмки последующих лет в целях экономии судового времени были оптимизированы посредством максимального приближения к пику нереста и нерестилищам.

Вертикальные обловы ихтиопланктона выполняли сетью ИКС-80 с площадью входного отверстия 0,5 м² в слое дно — поверхность (над изобатами менее 200 м) либо 200 м — поверхность (над изобатами глубже 200 м). Температуру воды в слое облова измеряли через 1 м гидрологическим зондом «Rinko Profiler ASTD-102».

Икринки минтая выбирали из пробы, подсчитывали их количество, определяли стадии развития по четырёхбалльной шкале Расса, адаптированной для минтая [Буслов, Сергеева, 2013]. Для этого отбирали выборку 200 экз., в случае меньших уловов просматривали все икринки. Продолжительность стадий развития икринок в зависимости от температуры воды определяли по уравнениям, подобранным отдельно для каждой стадии. При оценке возраста икринок и даты начала нереста принимали, что на момент поимки икринок находились в середине соответствующей стадии развития.

Расчёт численности икринок, учтённых на акватории съёмок, выполнен методом сплайн-аппроксимации, реализованном в геоинформационной системе «КАРТМАСТЕР» [Бизиков и др., 2007]. Полученные оценки корректировали на величину смертности в зависимости от стадии развития, применяя посуточные коэффициенты убыли икринок во время эмбриогенеза. Численность производителей, участвовавших в нересте, рассчитывали по кривой суточной продукции икры, смоделированной для всего периода икрометания. Методика этого подхода подробно описана ранее [Буслов, Смирнов, 2021]. Для построения карт распределения икры и дислокации промыслового флота использована ГИС Golden Software Surfer 8.

Биологические характеристики производителей, использованные для расчётов, были получены по результатам массовых промеров и биоанализов. Сбор материала из промысловых уловов осуществляли в 2019–2022 гг. на рыбоперерабатывающем заводе в п. Южно-Морской в весенний период (март-апрель). Всего промерено 7150 экземпляров минтая, а биологическому анализу подвергнуто 723 особи. Абсолют-

Таблица 1. Сроки проведения ихтиопланктонных съёмок в заливе Петра Великого в 2019–2022 гг.
Table 1. Dates of ichthyoplankton surveys in Peter the Great Bay in 2019–2022

Год	№ съёмки	Даты съёмки	Количество станций	Название судна
2019	1	27–31 марта	65	НИС «Владимир Сафонов»
	2	1–4 апреля	65	
	3	5–11 апреля	65	
	4	12–15 апреля	27	
	5	20–23 апреля	23	
	6	1–5 июня	25	
2020	7	22–24 апреля	45	НИС «Владимир Сафонов»
	8	6–8 мая	34	РС «Таймень»
2021	9	17–19 апреля	43	НИС «Убеждённый»
	10	21–23 апреля	39	
	11	25–27 апреля	38	
	12	28–30 апреля	34	
	13	3–5 мая	29	
2022	14	6–8 апреля	49	НИС «Зодиак»
	15	16–18 апреля	47	НИС «Дмитрий Песков»
	16	23–25 апреля	43	НИС «Дмитрий Песков»

Таблица 2. Сроки проведения и объём собранного материала по минтаю во время донных траловых съёмок в заливе Петра Великого и прилегающих водах подзоны Приморье в 2015–2022 гг.

Table 2. Dates of works and data collected on walleye pollock in research bottom trawl surveys in Peter the Great Bay and the waters of Primorye in 2015–2022

Год	Даты	Кол-во тралений	Промерено рыб (экз.)	Название судна
2015	01.04–25.04	109	4720	НИС «Бухоро»
2016	26.04–23.05	127	4741	НИС «Бухоро»
2018	20.04–16.05	111	7711	НИС «Бухоро»
2019	01.04–29.04	130	5676	НИС «Владимир Сафонов»
2022	26.04–19.06	100	3129	НИС «Дмитрий Песков»

ную индивидуальную плодовитость самок для каждого нерестового сезона рассчитывали в зависимости от их средней длины по соответствующему уравнению [Нуждин, 2008]. Возраст рыб определяли по прокалённым поперечным сломам отоликов. Валидность этого метода подтверждена для минтая рядом исследований, а критерии интерпретации годовых колец подробно описаны [Kimura et al., 2006; Буслов, 2009; Буслов, Овсянников, 2019].

Донные траловые съёмки, результаты которых использованы в настоящей работе, выполнялись в соответствии с методиками, принятыми в Тихоокеанском филиале ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО») [Планирование..., 2005] (табл. 2).

Статистический анализ промысла, распределение уловов минтая выполнены по данным, представленным в Отраслевой системе мониторинга «Рыболовство» (ОСМ). Величину ежегодного вылова за десятилетний период (2013–2022 гг.) оценивали на основании данных оперативной отчётности предприятий, также представленной в ОСМ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Воспроизводство. В ходе первой ихтиопланктонной съёмки, выполненной в конце марта 2019 г., были получены штучные уловы икринок минтая всего на нескольких станциях, что свидетельствовало о начальной фазе процесса воспроизводства (рис. 1).

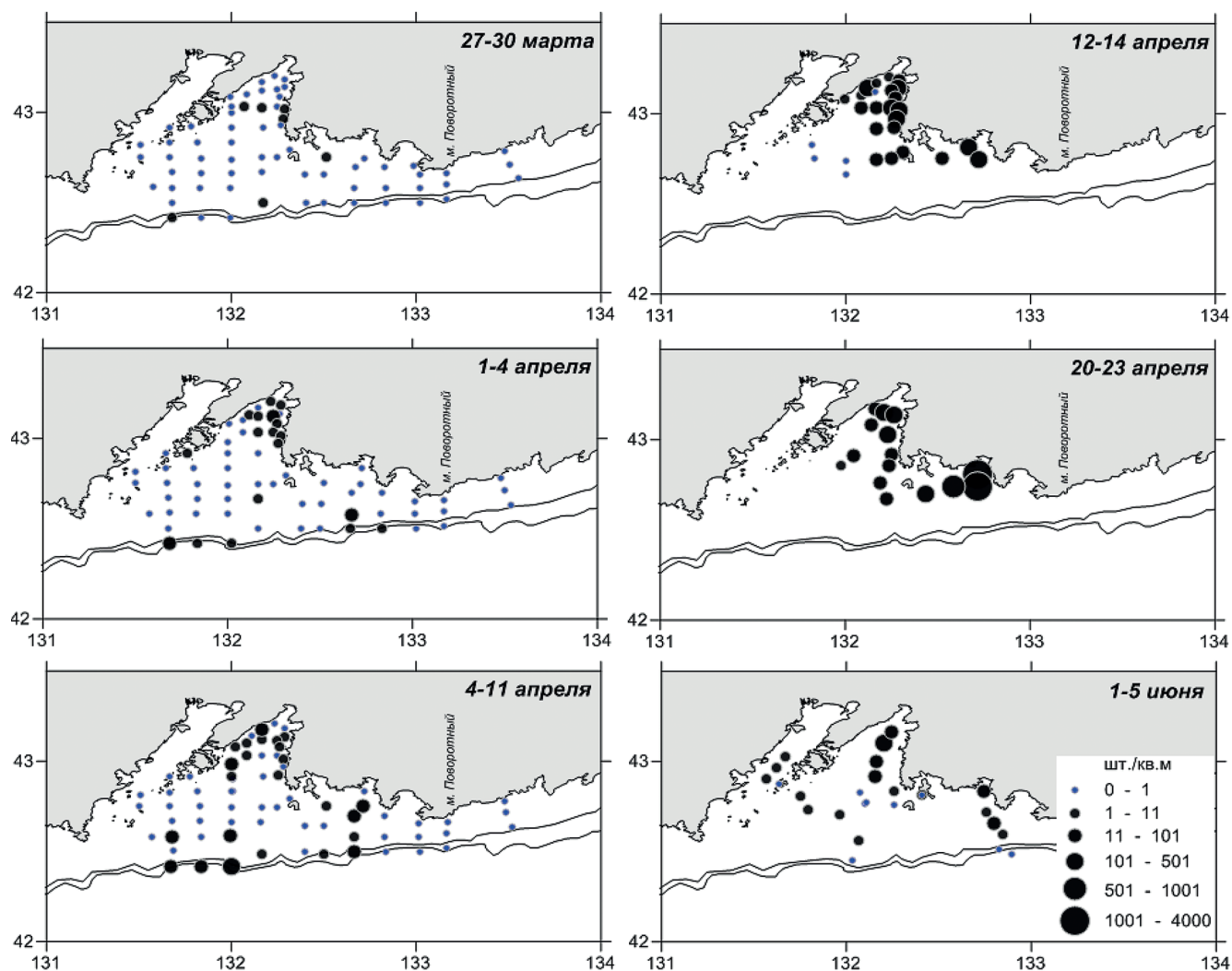


Рис. 1. Распределение икры минтая I–IV стадий развития в заливе Петра Великого в 2019 г., экз./кв. м
Fig. 1. Spatial distribution of pollock eggs at stages I–IV of development in Peter the Great Bay in 2019, eggs/m²

Присутствие в это время в пробах икринок на II стадии развития даёт основания считать датой начала нереста 18 марта (табл. 3). В течение первой декады апреля было зафиксировано увеличение интенсивности икрометания, что следует из результатов двух последующих съёмок. Уловы икринок были локализованы преимущественно в Уссурийском заливе и вдоль внешнего края шельфа залива Петра Великого. Однако их количество в пробах оставалось невелико и лишь в трёх случаях превысило 10 экз. за облов.

Заметное увеличение концентраций икринок в ихтиопланктоне произошло к середине апреля. Во время четвёртой съёмки икра присутствовала на всех станциях, выполненных в Уссурийском заливе. Наиболее результативные уловы (90–200 экз.) были приурочены к изобатам 20–40 м. Ещё один очаг нереста проявился в это же время в районе залива Восток, где численность икринок также достигала 200 экз.

за облов. На всей акватории съёмки доминировала икра на I стадии развития (98%), что свидетельствовало о начале массового икрометания минтая. Пик нереста в 2019 г. пришёлся на начало третьей декады апреля, когда было учтено максимальное количество икры (табл. 3). Наиболее плотные концентрации (более 1 тыс. экз. за облов) отмечены в районе залива Восток над изобатами 20–40 м. Во время июньской съёмки, завершающей серию ихтиопланктонных исследований 2019 года, количество икринок на результативных станциях колебалось от 1 до 26 экз. за облов. В пробах заметно увеличилась доля икры на поздних стадиях развития, что в совокупности указывало на остаточный нерест минтая.

В третьей декаде апреля 2020 г. было учтено максимальное количество икры за весь период исследований (табл. 3). При этом в уловах преобладали икринки на II стадии развития, на основании чего

Таблица 3. Количество развивающихся икринок минтая, учтённых на акватории залива Петра Великого в 2019–2022 гг., и продолжительность стадий развития в зависимости от температуры воды
Table 3. Number of pelagic pollock eggs caught in Peter the Great Bay in 2019–2022 and duration of egg development stages depending on water temperature

Средняя дата съёмки	Количество учтённых икринок по стадиям, ·10 ⁹ экз.				Средняя температура, °С	Продолжительность стадий развития икринок, сутки			
	I	II	III	IV		I	II	III	IV
2019 г.									
29 марта	1,35	0,19	–	–	0,98	7,3	7,0	10,1	8,7
3 апреля	7,97	0,09	–	–	1,34	6,8	6,5	9,3	7,6
8 апреля	33,06	0,59	–	–	1,40	6,7	6,4	9,2	7,5
13 апреля	46,18	0,83	–	0,17	1,78	6,2	6,0	8,6	6,5
22 апреля	146,48	11,78	2,85	–	2,37	5,5	5,4	7,7	5,3
3 июня	2,53	1,55	0,16	0,19	3,53	4,4	4,3	6,3	3,6
2020 г.									
23 апреля	747,31	2602,87	123,52	0,51	2,39	5,5	5,3	7,7	5,3
7 мая	271,26	2,46	1,7	0,21	3,00	4,9	4,8	6,9	4,3
2021 г.									
18 апреля	1120,21	102,62	1,87	–	2,70	5,2	5,0	7,2	4,7
22апреля	916,24	107,43	1,88	–	2,24	5,6	5,5	7,9	5,6
26 апреля	473,53	53,30	16,40	–	2,59	5,3	5,1	7,4	4,9
29 апреля	234,80	35,33	9,11	1,77	2,79	5,1	5,0	7,1	4,6
4 мая	138,55	4,69	20,08	3,11	3,01	4,9	4,8	6,9	4,3
2022 г.									
7 апреля	1149,2	350,8	0,01	–	1,50	6,5	6,3	9,1	7,2
17 апреля	1298,0	525,1	553,6	28,1	2,94	4,9	4,8	7,0	4,4
24 апреля	504,6	414,7	603,8	71,7	4,63	3,5	3,5	5,4	2,5

можно констатировать прохождение пика нереста недель ранее. Начало же воспроизводства, судя по поимкам эмбрионов на IV стадии развития, пришлось на конец марта.

Как и годом ранее, массовое икрометание минтая было локализовано в Уссурийском заливе и в водах, прилегающих к заливу Восток (рис. 2). Наибольшие уловы икринок (1–3 тыс. экз.) отмечались над изобатами 20–60 м. Глубже и мельче их концентрации резко снижались. В конце первой декады мая массовый нерест минтая сохранился преимущественно в Уссурийском заливе. Причём, более интенсивно протекал в его восточной части, где уловы икринок над изобатами 20–30 м достигали 400–600 экз.

В 2021 г. серией из пяти ихтиопланктонных съёмок удалось охватить вторую половину процесса воспроизводства – от пика нереста в конце второй декады апреля до его затухания, о чём свидетельствовало поступательное уменьшение учтённой икры (табл. 3). Расчётная дата начала нереста приходилась на первые числа апреля. На протяжении десяти суток исследований очаги икрометания оставались относитель-

но стационарны и были приурочены к традиционным районам – заливам Восток и Уссурийский (рис. 3). Следует заметить, что обловы, выполненные восточнее мыса Поворотный в ходе девятой и десятой съёмки, не показали наличия сколько-нибудь значимого нереста минтая за пределами залива Петра Великого. При этом 18 и 21 апреля в заливе Восток были получены максимальные уловы икринок, которые составляли 5,8 и 3,1 тыс. экз., соответственно. Высокие концентрации икринок (до 2 тыс. экз. за облов) сохранялись в этом районе до конца апреля. В Уссурийском же заливе количественные показатели нереста были ниже. Уловы икринок на результативных станциях не превышали 200 экз., однако в конце апреля возросли до 600 экз. Как и в два предшествующих года, основные нерестилища минтая, судя по учтённой икре, были приурочены к изобатам 20–60 м.

Результаты ихтиопланктонных съёмок 2022 г. показали, что массовый нерест начался несколько раньше, чем в предыдущие годы (см. табл. 3). Уже в первой декаде апреля максимальный улов икринок в районе залива Восток достигал 4,1 тыс. экз. (рис. 4). Тем

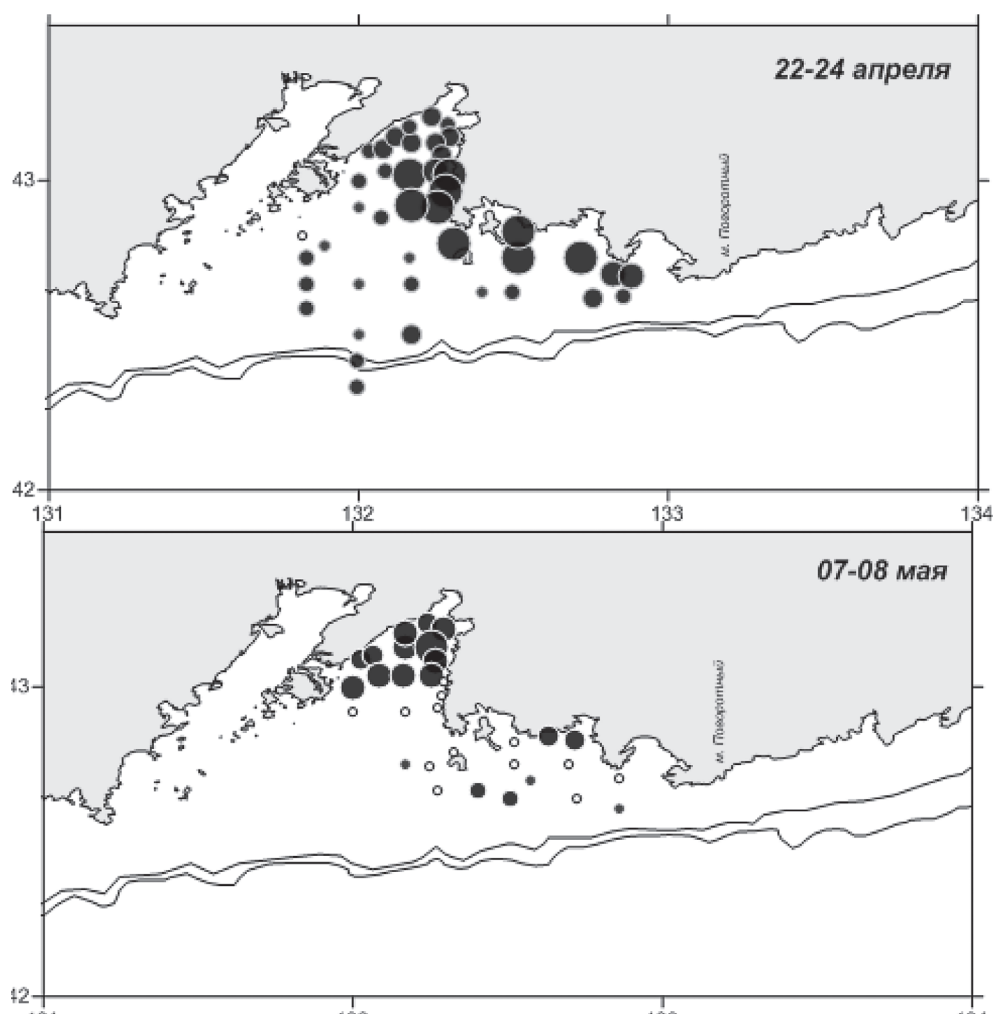


Рис. 2. Распределение икры минтая I–IV стадий развития в заливе Петра Великого в 2020 г., экз./кв. м. Условные обозначения как на рис. 1

Fig. 2. Spatial distribution of pollock eggs at stages I–IV of development in Peter the Great Bay in 2020, eggs/m². Symbols are shown in Fig. 1

не менее, пик икрометания, как и ранее, был приурочен к концу второй декады. Основные нерестилища традиционно располагались в заливах Восток и Уссурийский, а концентрации икринок в них оказались максимальными за весь период наблюдений – 10,2 и 2,8 тыс. экз. за лов, соответственно. В третьей декаде апреля произошло снижение нерестовой активности минтая. Основное воспроизводство переместилось в Уссурийский залив, где наиболее результативные уловы составляли 3,0–5,7 тыс. экз. с преобладанием икры на I стадии развития, в то время как в заливе Восток доминировала икра на III стадии, а максимальная концентрация снизилась до 2,1 тыс. экз. за облов.

Динамика суточной продукции икры, смоделированная по результатам съёмки за четыре года, свидетельствует о достаточно стабильных сроках массового икрометания минтая в заливе Петра Великого (рис. 5). Начало приходится на последние числа марта. Наибо-

лее интенсивный нерест протекает в течение второй и третьей декад апреля, когда вымётывается 75–80% всей икры, на май приходится 15–17%.

В целом, результаты ихтиопланктонных исследований свидетельствуют, что в 2019–2022 гг. в заливе Петра Великого возобновилось массовое воспроизводство весенненерестующего минтая. В 1970–1980-е гг. весенний нерест также проходил с марта по май, главным образом, в восточной части залива Петра Великого над изобатами 50 м и менее [Нуждин, 2008; Фадеев, 2009]. Исследователи указывали, что основное количество икры вымётывалось в конце марта – первой половине апреля в водах восточнее о. Аскольд и в северо-восточной части Уссурийского залива. Исходя из результатов наших работ, можно заключить, что в современный период локализация районов воспроизводства весенненерестующего минтая не претерпела изменений. Около 60% выметанной икры при-

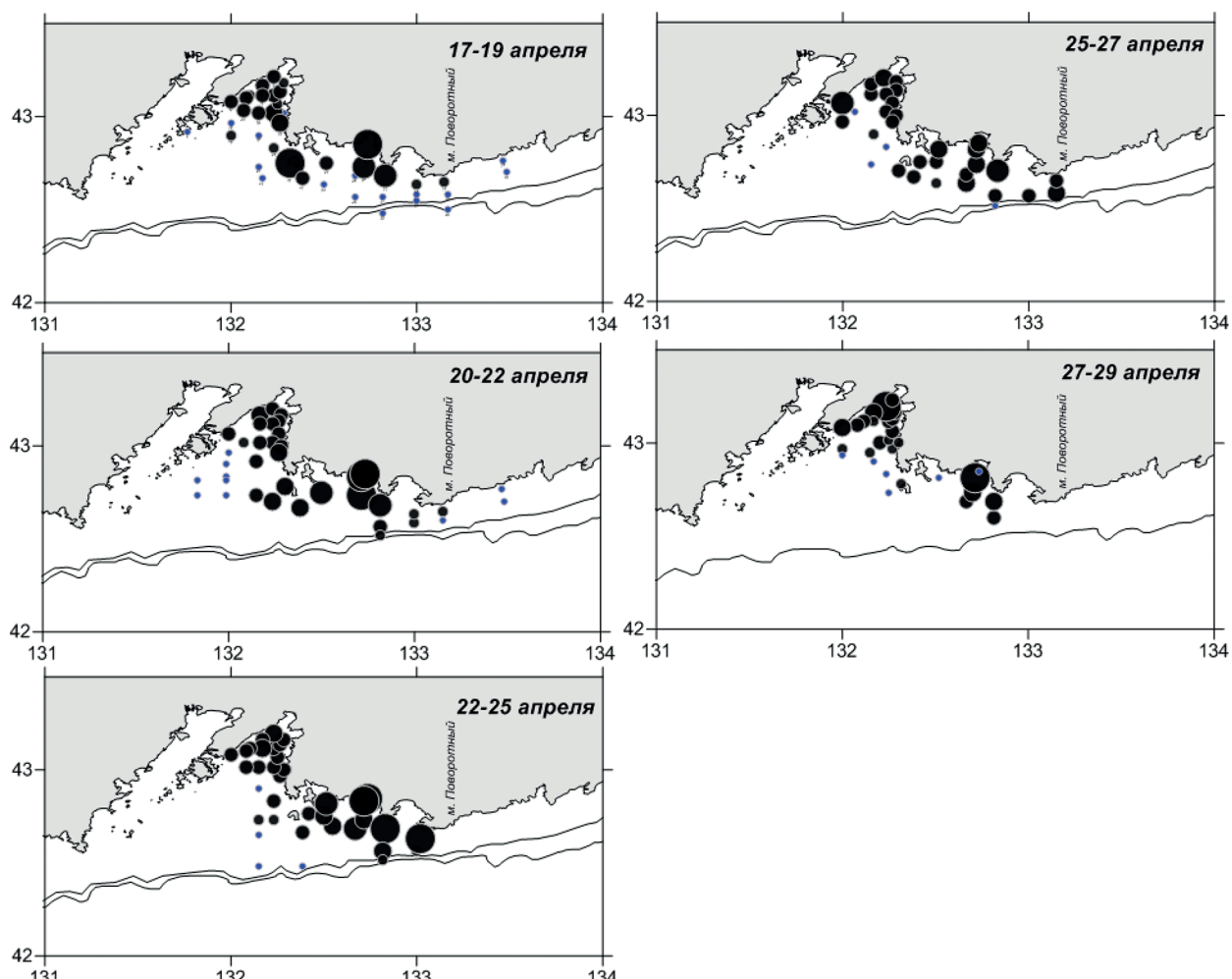


Рис. 3. Распределение икры минтая I–IV стадий развития в заливе Петра Великого в 2021 г., экз./кв. м. Условные обозначения как на рис. 1

Fig. 3. Spatial distribution of pollock eggs at stages I–IV of development in Peter the Great Bay in 2021, eggs/m². Symbols are shown in Fig. 1

ходило на акваторию восточнее о. Аскольд, а остальная часть на Уссурийский залив. В пространственно-временном аспекте интенсивный массовый нерест минтая начинался в конце первой декады апреля восточнее о. Аскольд (район залива Восток), затем в третьей декаде апреля перемещался в Уссурийский залив, где заканчивался в первой декаде мая.

Анализ размерно-возрастной структуры половозрелых рыб в уловах из залива Петра Великого свидетельствовал, что на протяжении четырёх последних лет в нерестовом запасе абсолютно доминировало поколение 2014 г. рождения (рис. 6). Его доля с 2019 по 2022 гг. составляла 48, 51, 61 и 52%, соответственно. Очевидно, что и динамика количественных показателей нереста определялась вхождением в нерестовой запас этой урожайной генерации (табл. 4).

Минимальная продукция выметанной икры была отмечена в 2019 г., что выглядит вполне логичным,

поскольку в 5-годовалом возрасте половой зрелости достигла лишь незначительная часть поколения, представленная преимущественно самцами. Последнее, как видно, почти двукратно преобладали в родительском стаде (табл. 4). Однако уже на следующий год соотношение полов выровнялось, продукция икры за счёт созревших самок возросла почти на порядок, а численность и биомасса производителей увеличилась в пять раз, достигнув пиковых значений. В 2021 г. количество выметанной в заливе Петра Великого икры сократилось на 50%, однако в 2022 г. вновь возросло (табл. 4). Учитывая, что в возрастной структуре половозрелых рыб какого-либо значимого пополнения не прослеживалось, то можно с достаточной долей уверенности полагать, что увеличение продукции икры произошло за счёт высокой абсолютной плодовитости самок поколения 2014 г. и их значительного преобладания над самцами. Вместе с тем, и числен-

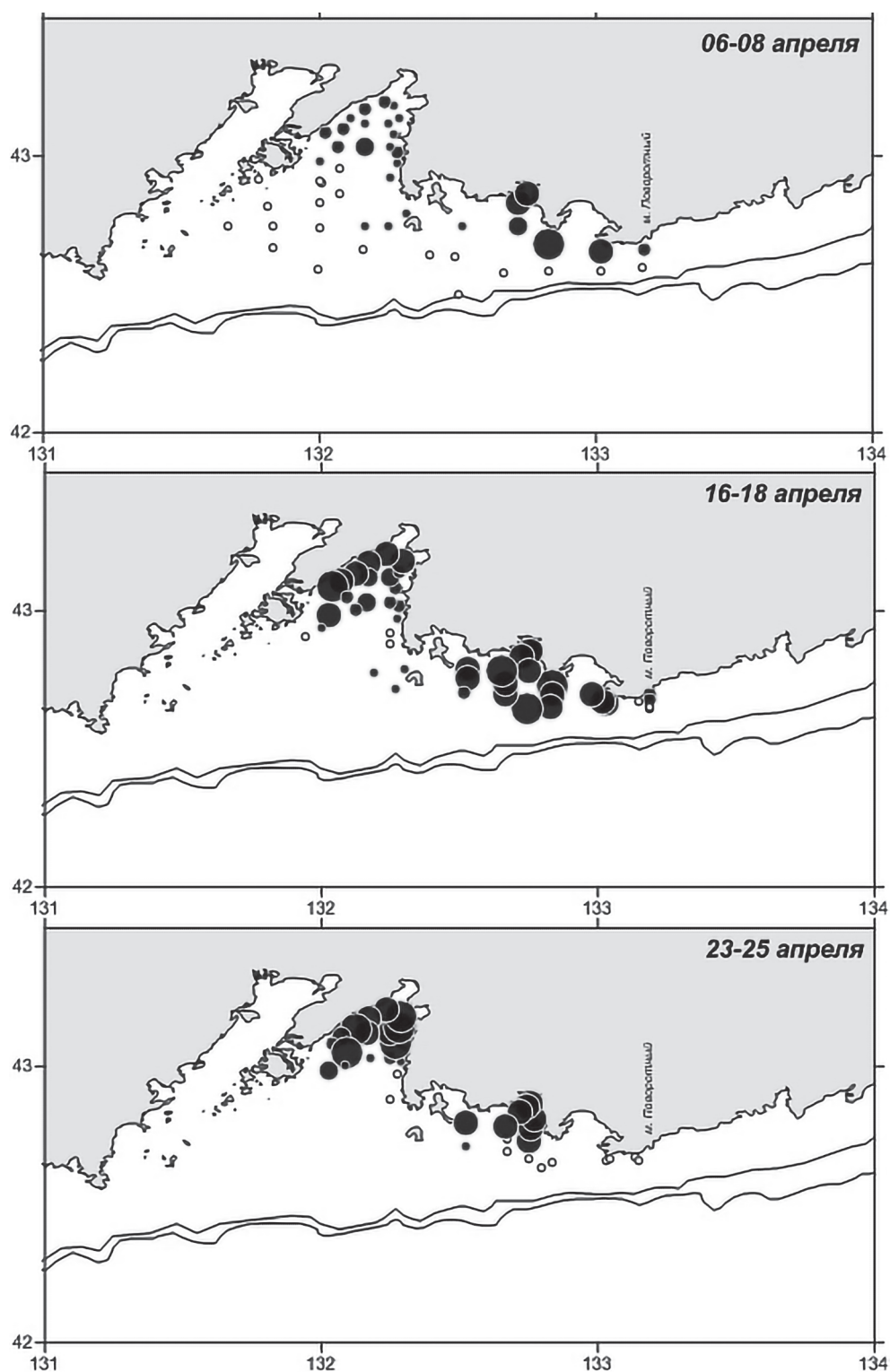


Рис. 4. Распределение икры минтая I–IV стадий развития в заливе Петра Великого в 2022 г., экз./кв. м.
 Условные обозначения как на рис. 1

Fig. 4. Spatial distribution of pollock eggs at stages I–IV of development in Peter the Great Bay in 2022, eggs/m².
 Symbols are shown in Fig. 1

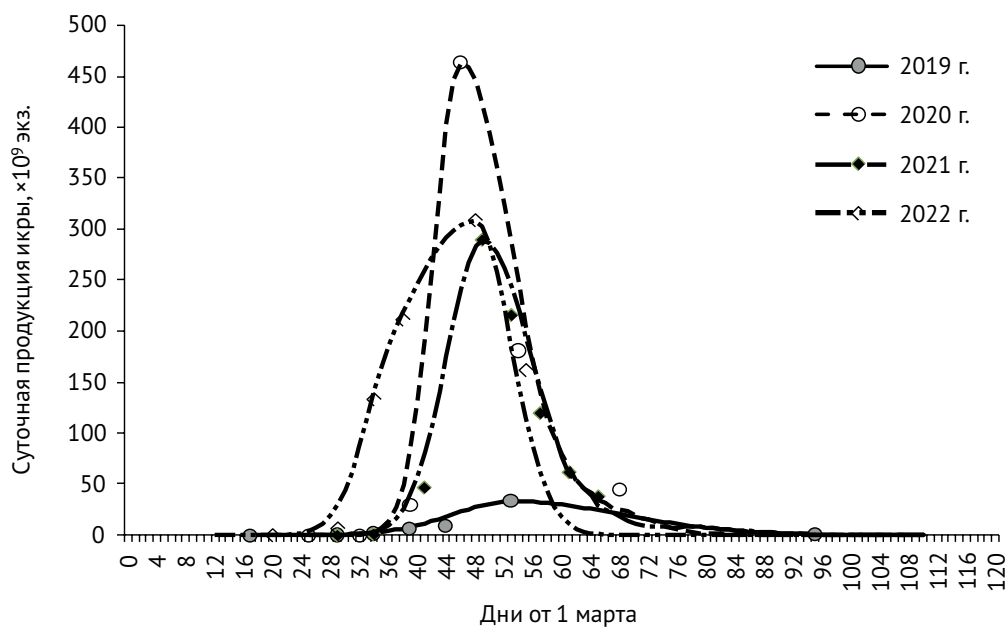


Рис. 5. Эмпирическая (точки) и расчётная (линии) динамика суточной продукции икры ($\cdot 10^9$ экз.) минтая в заливе Петра Великого в 2019–2022 гг.

Fig. 5. Empirical (points) and calculated (lines) dynamics of daily production of pollock eggs ($\cdot 10^9$ ind) in Peter the Great Bay in 2019–2022

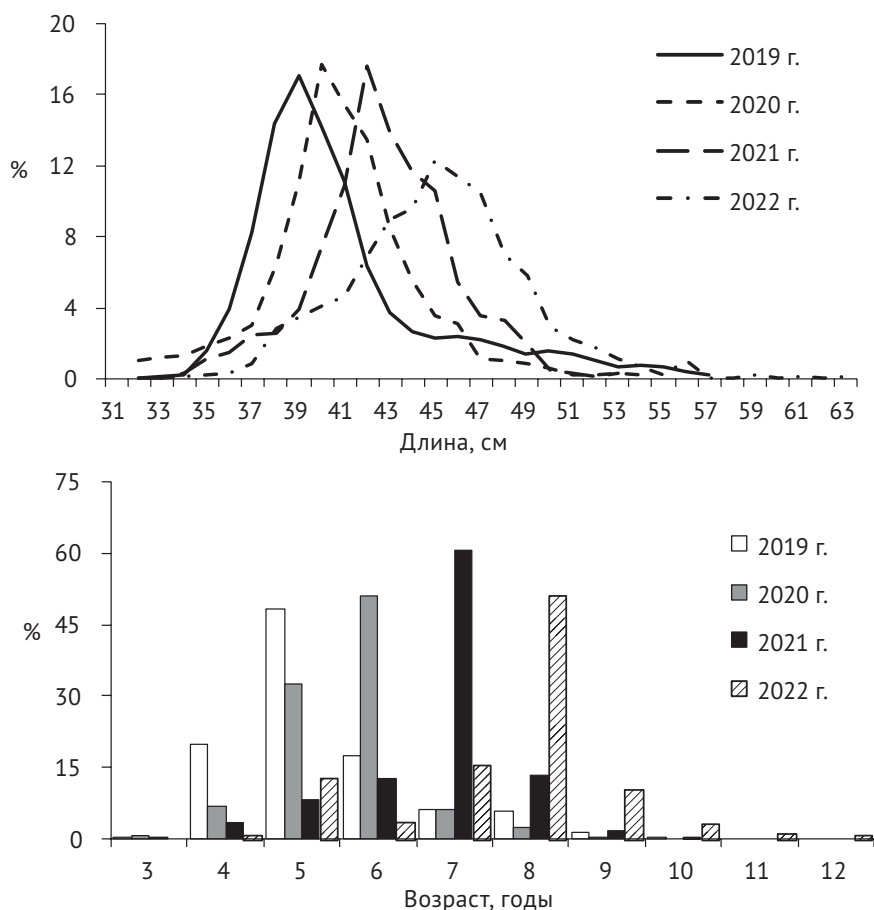


Рис. 6. Размерно-возрастная структура нерестового запаса минтая в заливе Петра Великого в 2019–2022 гг.

Fig. 6. length-age structure of pollock spawning stock in Peter the Great Bay in 2019–2022

Таблица 4. Репродуктивные показатели и количественные характеристики нереста минтая в заливе Петра Великого в 2019–2022 гг.

Table 4. Reproductive indicators and quantitative characteristics of pollock spawning in Peter the Great Bay in 2019–2022

Показатели воспроизводства	Год			
	2019	2020	2021	2022
Продукция икры за нерестовый сезон, $\cdot 10^9$ экз.	982,5	8586,9	4483,2	5863,2
Средняя абсолютная плодовитость самки, тыс. икр.	113,8	158,4	176,0	238,0
Доля самок в нерестовом запасе, %	38,7	50,5	48,3	65,1
Численность производителей, млн экз.	22,3	107,3	52,7	37,8
Средняя масса производителей, кг	0,382	0,431	0,502	0,572
Биомасса нерестового запаса, тыс. т	8,5	46,3	26,5	21,6

ность и биомасса нерестового запаса минтая последовательно снижались после 2020 г. по мере убыли рыб урожайной генерации. Отсутствие в уловах значимого пополнения родительского стада даёт основания прогнозировать существенное снижение интенсивности воспроизводства минтая в заливе Петра Великого в ближайшие годы.

Ресурсы. Помимо возобновлённых ихтиопланктонных съёмок, одним из традиционных методов прямого учёта ресурсов минтая залива Петра Великого являются донные траловые съёмки. К плюсам этих работ можно отнести их регулярность, большую площадь обследования, включающую нагульные аквато-

рии к северо-востоку от залива, а также возможность учёта молоди.

По данным многолетних исследований можно выделить период высокой численности минтая (1978–1990 гг.), когда промысловый запас, учитываемый посредством донных траловых съёмок, в среднем составлял 176 тыс. т. В XXI веке ресурсы минтая заметно сократились и до появления урожайного поколения 2014 г. оценивались среднегодовой величиной в 58 тыс. т (рис. 7).

В последние восемь лет размерно-возрастная структура минтая в уловах донных траловых съёмок характеризовалась абсолютным доминированием рыб урожайной генерации (рис. 8). Непосредственно по

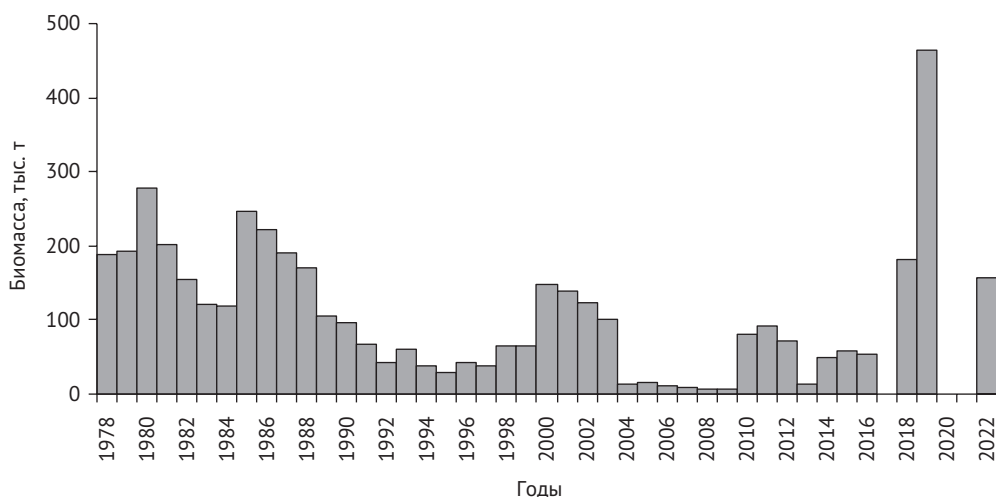


Рис. 7. Динамика учтённой биомассы (тыс. т) минтая залива Петра Великого и прилегающих вод подзоны Приморье по результатам донных траловых съёмок в 1978–2022 гг. [по Зуенко, Нуждин, 2020; с дополнениями]. Пунктирной линией выделено среднее значение биомассы: слева – для высокого уровня запаса, а справа – для низкого уровня

Fig. 7. Pollock biomass dynamics (thousand tons) in the Peter the Great Bay and the waters of Primorye according to bottom trawl surveys in 1978–2022 [Zuenko, Nuzhdin, 2020 with additions]. The dotted line marks the average value of biomass – on the left for a high level of stock, and on the right for a low level

результатам исследований 2015 г. численность годовиков была оценена в беспрецедентные 2 млрд особей. Однако следующая съёмка не подтвердила столь высокий уровень поколения 2014 г. Несмотря на его преобладание в структуре запаса, численность была оценена всего в 74 млн особей. Тем не менее, работами 2018–2022 гг. было доказано, что во время съёмки 2016 г. произошла существенная недооценка силы

поколения. Результаты исследований этих лет свидетельствовали о значительном росте биомассы минтая, которая достигла пика в 2019 г., превысив 460 тыс. т. Численность же поколения 2014 г. в 5-годовом возрасте составила почти 500 млн особей. В 2022 г. съёмка показала закономерное снижение запаса до 157 тыс. т, обусловленное убылью рыб урожайной генерации и отсутствием достаточного пополнения.

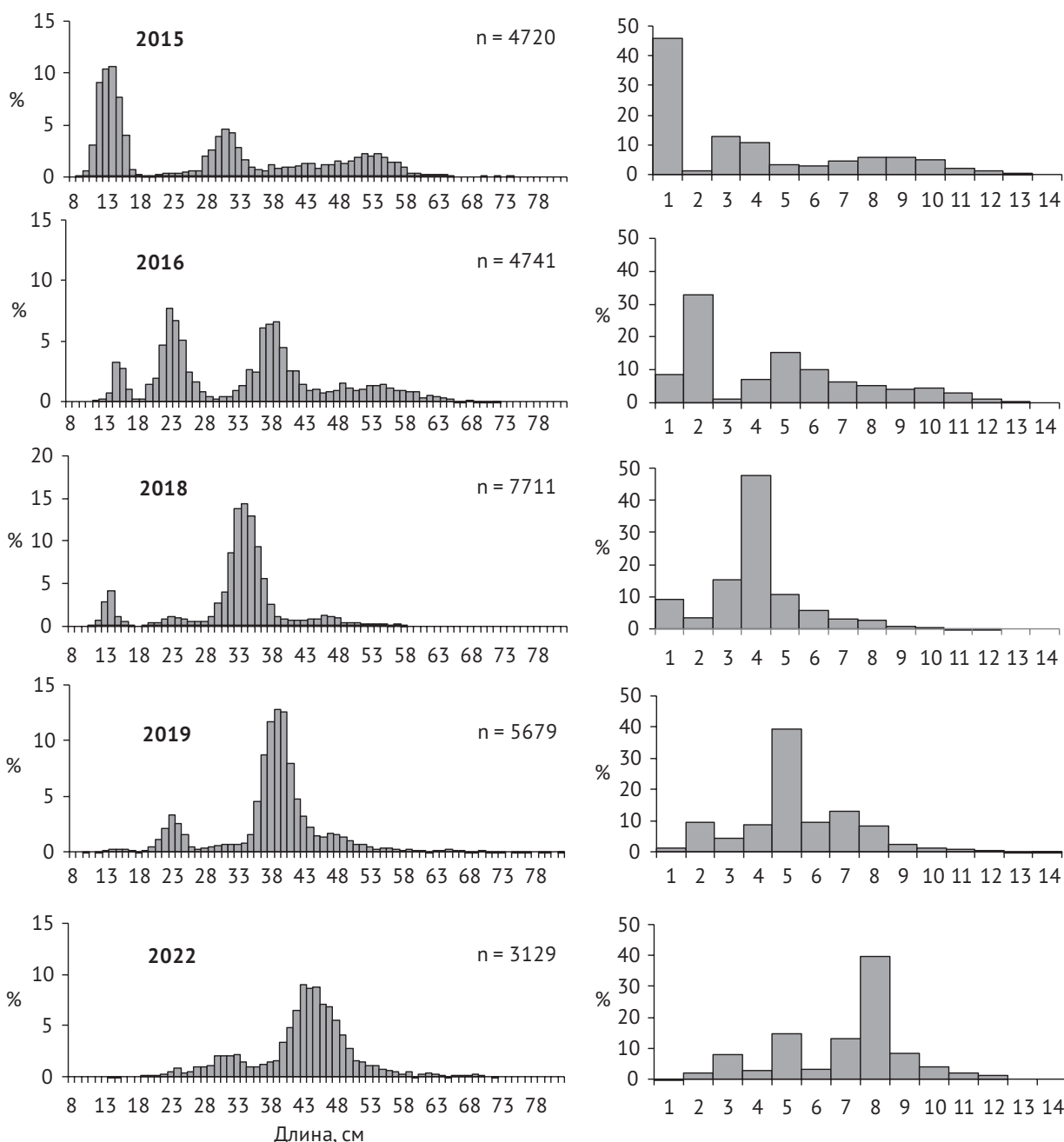


Рис. 8. Размерно-возрастная структура минтая в уловах донных траловых съёмок в заливе Петра Великого и прилегающих водах подзоны Приморье в 2015–2022 гг.

Fig. 8. Length-age structure of walleye pollock in catches of bottom trawl surveys in Peter the Great Bay and the waters of Primorye in 2015–2022

Таким образом, два независимых метода прямого учёта (ихтиопланктонные и донные траловые съёмки) дают основания утверждать, что в конце второго десятилетия текущего столетия динамика ресурсов минтая залива Петра Великого характеризовалась резким ростом до уровня рекордных значений за всю историю наблюдений. Такой всплеск обеспечило «сверхурожайное» (в рамках данной популяции) поколение 2014 г. рождения. В последние два года наметилась закономерная тенденция снижения ресурсов минтая по причине выхода особей урожайной когорты из промыслового и нерестового запаса. Результаты последней траловой съёмки показали, что активный нерест этой генерации в последние три года не привёл к появлению сколь-нибудь значимого дочернего поколения, хотя об урожайности поколения 2022 г. говорить пока рано. Численность рыб 2019 г. рождения оценена по съёмке немногим более 25 млн особей. Генерации двух последующих лет оказались ещё более «слабыми». Если итоги воспроизводства 2022 г. окажутся такими же неудачными, то можно прогнозировать возврат ресурсов минтая залива Петра Великого к периоду низкой численности в течение трёх-пяти лет.

Промысел. В водах залива Петра Великого промысел минтая осуществляется, начиная со второй половины 1940-х гг. Годовые уловы этого вида изменялись здесь в большом диапазоне от 3 до 80 тыс. т, при этом повышенные объёмы (более 30–40 тыс. т), сопровождавшиеся последовательным снижением максимальных уловов, отмечались в 1960–1963, 1972–1975, 1979–1982 и 1987–1989 гг. [Фадеев, Веспестад, 2001]. Поскольку длительность этих периодов составляла 3–4 года, то можно полагать, что увеличение уловов было обусловлено высоким уровнем запасов, формируемых поколениями высокой численности, доминирующих в промысловом запасе обычно 3–4 года подряд.

В 1990-е гг. объёмы вылова минтая в заливе Петра Великого сократились до исторического минимума. Причиной постепенного затухания промысла в эти годы являлось, прежде всего, плохое состояние запасов данной группировки. Кроме того, снижение интенсивности лова происходило также из-за структурных перестроек местных рыбопромышленных предприятий и переориентации их на экспедиционный промысел в Охотском море. После этого существующая интенсивность промысла не обеспечивала полного освоения имеющихся ресурсов и рекомендованные к вылову объёмы минтая практически ежегодно оставались недоловленными из-за отсутствия добы-

вающего флота [Фадеев, Веспестад, 2001]. В 2000-х гг. запасы минтая в подзоне Приморье продолжали оставаться на низком уровне, и добывался он в качестве прилова при промысле донных видов рыб. На этом фоне произошло постепенное и довольно существенное сокращение количества судов, участвующих в прибрежном рыболовстве в заливе Петра Великого [Калчугин и др., 2015].

Заметные изменения с выловом минтая стали происходить со второй половины 2010-х гг. Естественно, что связаны они были, в первую очередь, с появлением упомянутого выше урожайного поколения. В этой связи, рассмотрим количественные и качественные показатели промысла за последнее десятилетие.

С 2013 по 2017 гг. величина годового вылова находилась на низком уровне и колебалась в пределах 2–4 тыс. т (рис. 9). Двукратный рост добычи произошёл в 2018 г. и был обеспечен начавшими вступать в промысловый запас высокочисленными 4-годовиками. В дальнейшем положительная динамика сохранилась, и в 2021 г. было освоено 16,8 тыс. т, что явилось максимумом за последние 30 лет. Окончательные результаты 2022 г., по всей видимости, будут близкими с небольшой тенденцией к снижению, поскольку в последнее время интенсивность добычи минтая во время осеннего промыслового сезона существенно упала.

В течение десятилетнего периода проявилась чёткая тенденция снижения количества судов-суток, проведённых на промысле (рис. 9). Учитывая, что этот показатель изменялся в противофазе с выловом, можно говорить об увеличившейся эффективности лова минтая, что подтверждается динамикой среднего вылова за судосутки (рис. 10). Понятно, что рост промысловых показателей — это отклик на увеличившиеся ресурсы минтая. Вместе с тем, нельзя не отметить изменения, произошедшие в структуре добывающего флота. За рассматриваемый период значительно сократилось использование малотоннажных судов (МРС, МРТК и т. п.). Если в 2013 г. на добыче минтая ими были отработаны 941 судосутки, то в 2021 г. — 451. Это отразилось на вкладе малотоннажных судов в годовой вылов. В 2013–2014 гг. на их долю приходилось 25–35% добытого минтая, а в 2018–2021 гг. всего 5–6%. В современный период основу добывающего флота в заливе Петра Великого составляют среднетоннажные суда (РС и СТР). При этом за короткий период вспышки численности минтая произошли кардинальные изменения в приоритете использования этих судов. Как уже отмечалось выше, резкий рост промысловой биомассы минтая произошёл в 2018 г. До этого на добыче преимущественно использова-

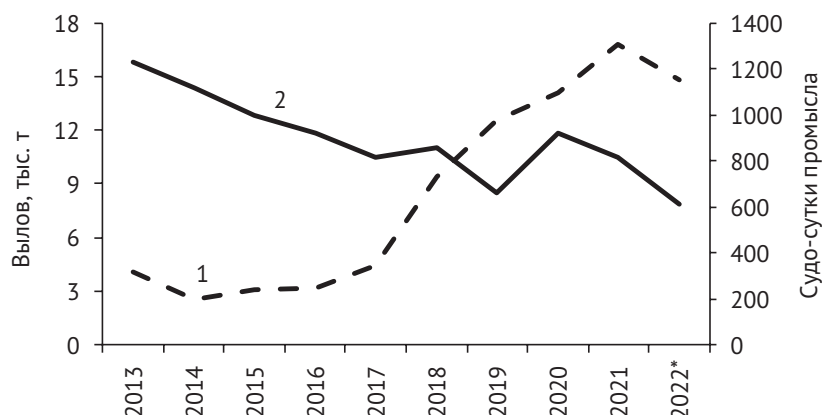


Рис. 9. Динамика годового вылова (1, тыс. т) и судо-суток на промысле минтая (2) в заливе Петра Великого и прилегающих водах подзоны Приморье в 2013–2022 гг.

* Данные на 12 сентября.

Fig. 9. Dynamics of the annual catch of pollock (1, thousand tons) and vessel days in the fishery (2) in the Peter the Great Bay and the waters of Primorye in 2013–2022

* data as of September, 12.

лись суда типа РС. Количество отработанных ими судо-суток и вылов нарастали, достигнув пика в 2018 г. (рис. 11). После чего добывающие компании значительно сократили использование этих судов, отдав предпочтение судам типа СТР. Заметим, что последние до 2018 г. практически не использовались на промысле, а в 2021–2022 гг. на их долю пришлось 40 и 54% всего вылова минтая. Очевидно, что преимуществом таких судов послужила большая ёмкость трюмов по сравнению с судами типа РС. Поскольку основная часть минтая в заливе (92%) добывается снюрреводами и сдаётся на береговые перерабатывающие предприятия, то суда типа СТР оказались наиболее эффективными при возросшем запасе минтая. Одна-

ко необходимо иметь ввиду, что ожидаемое снижение его ресурсов делает нецелесообразным наращивание такого флота.

Характеризуя промысел минтая в заливе Петра Великого, коротко рассмотрим и его сезонные особенности. В течение года выделяются два периода его интенсивной добычи – весенний (март–май), во время которого в среднемноголетнем аспекте осваивается более 50% вылова, и осенне-зимний (октябрь–декабрь), обеспечивающий около четверти добычи (рис. 12). Однако в последние три года ярко выраженным остался только весенний пик, так как в нерестовый период минтай образовывал плотные скопления, наиболее пригодные для специализированного лова.

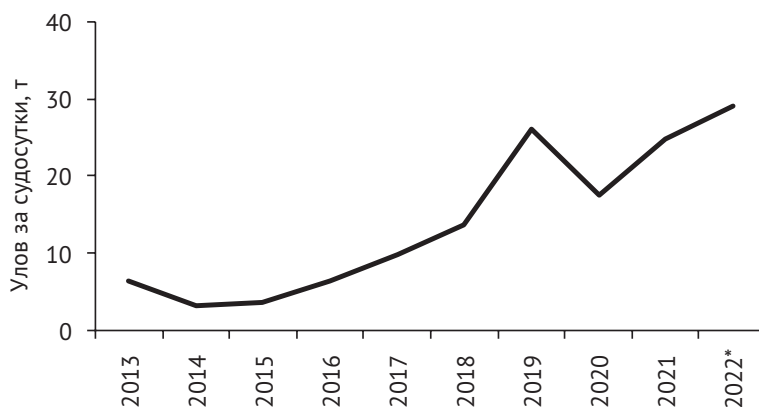


Рис. 10. Изменение среднего вылова минтая за судо-сутки в заливе Петра Великого и прилегающих водах подзоны Приморье в 2013–2022 гг.

* Данные на 12 сентября.

Fig. 10. Variability of the average pollock catch per vessel day in Peter the Great Bay and the waters of Primorye in 2013–2022

* data as of September, 12.

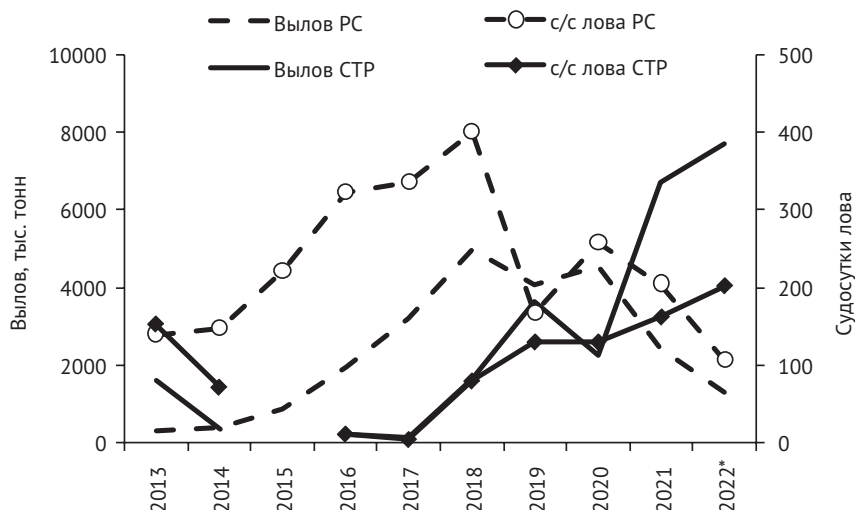


Рис. 11. Показатели работы среднетоннажного флота на промысле минтая в заливе Петра Великого и прилегающих водах подзоны Приморье в 2013–2022 гг.

* Данные на 12 сентября.

Fig. 11. Indicators of the work of medium-tonnage vessels in the commercial pollock fishery in the Peter the Great Bay and in the waters of Primorye in 2013–2022

* data as of September, 12.

В итоге, на март-май стало приходиться более 80% годового вылова. Анализ дислокации добывающего флота показал, что его распределение соответствует основным районам икрометания (залив Восток и восточная часть Уссурийского залива), выявленным нами в ходе ихтиопланктонных съёмок (рис. 13). Таким образом, вступление в нерестовый запас урожайного поколения 2014 г. рождения привело к сокращению сроков основного промысла с акцентом на преднерестовом периоде, как и в других традиционных районах его добычи. Кроме того, рыбы этой генерации в последние годы обеспечивали половину всего выло-

ва на промысле в заливе Петра Великого, значительно доминируя в уловах промысловых судов (рис. 14). На кривых размерного состава прослеживается последовательное смещение вправо модальных групп по оси абсцисс от 2019 г. к 2022 г. Можно отметить лишь повышенную долю 4-годовиков в 2020 г., которые, впрочем, никак себя не проявили впоследствии.

В целом, следует констатировать, что, как и в предыдущие десятилетия, увеличение уловов минтая, наблюдавшееся в последние годы, было обусловлено высоким уровнем запаса, сформированного поколением высокой численности, а продолжительность та-

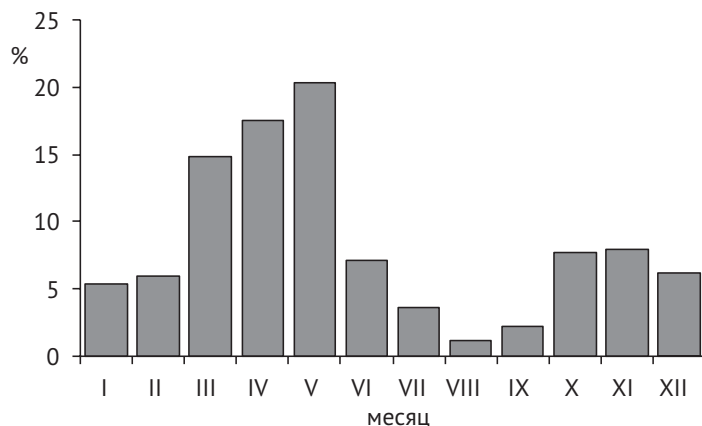


Рис. 12. Осреднённое распределение вылова (%) минтая в заливе Петра Великого по месяцам за 2013–2021 гг.

Fig. 12. Average distribution of pollock catch (%) in Peter the Great Bay by months for 2013–2021

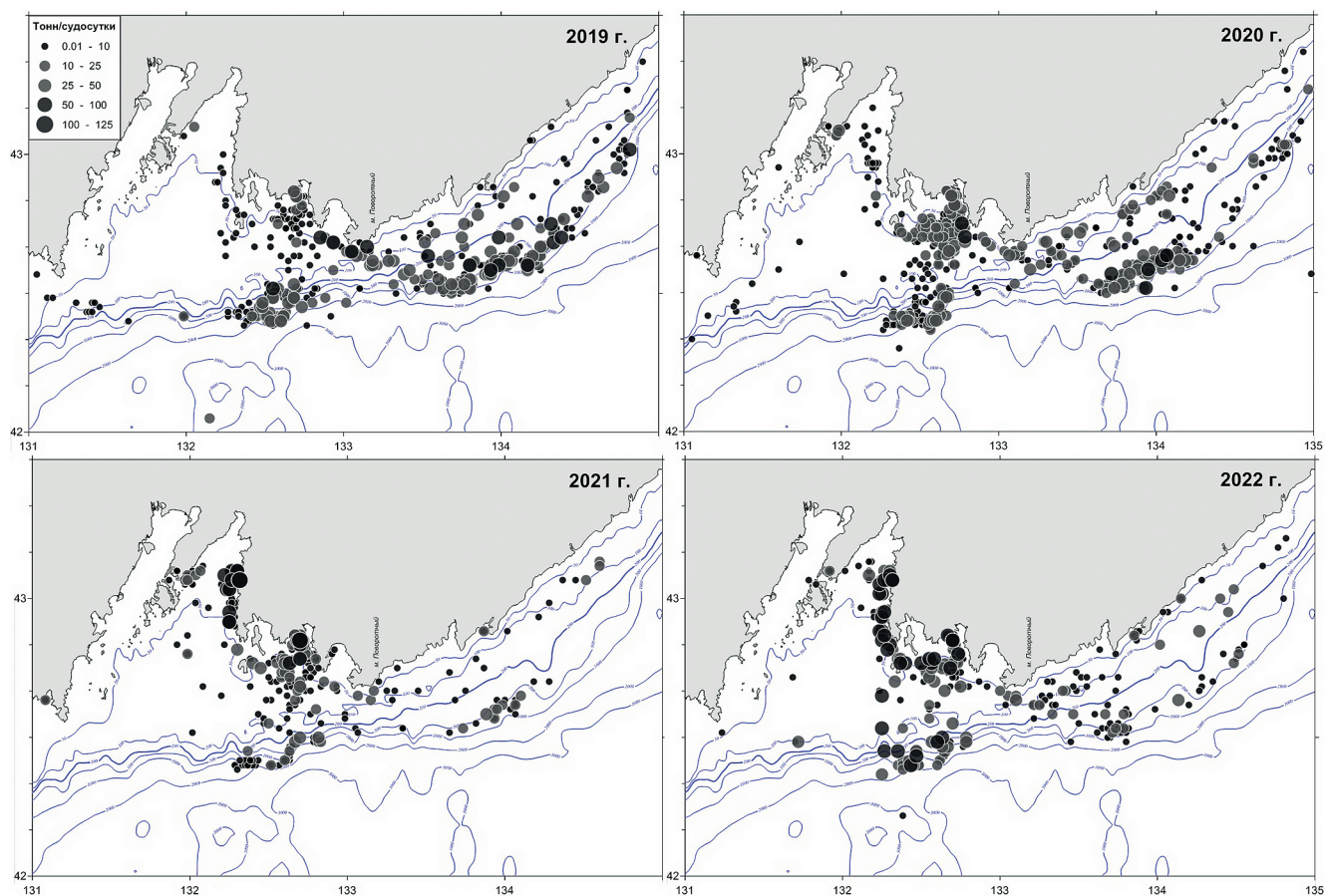


Рис. 13. Дислокация добывающего флота на промысле минтая в заливе Петра Великого в 2019–2022 гг.

Fig. 13. Distribution of vessels in the commercial pollock fishery in Peter the Great Bay in 2019–2022

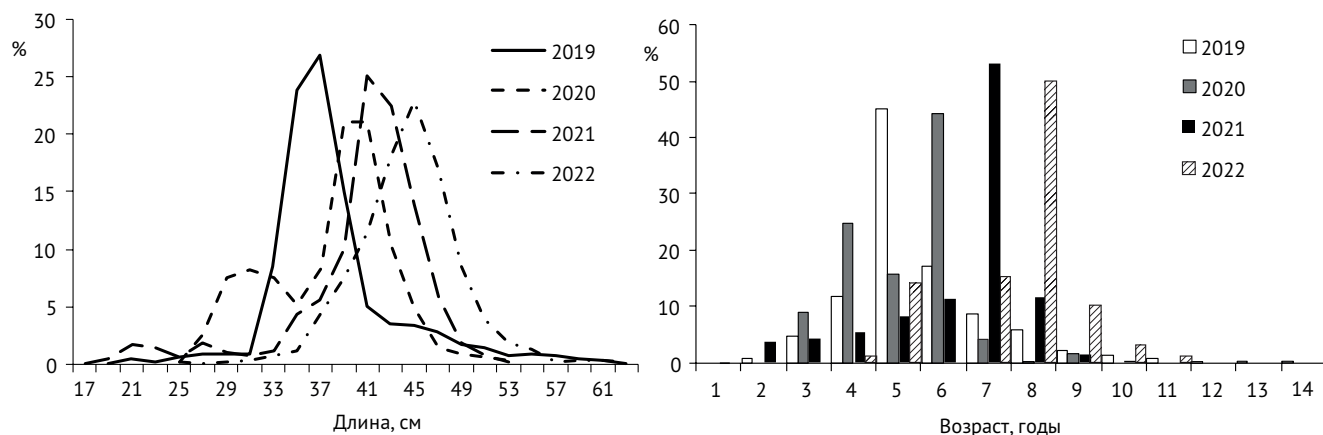


Рис. 14. Размерно-возрастной состав минтая в промысловых уловах (снюрревод) в заливе Петра Великого в 2019–2022 гг.

Fig. 14. Length-age composition of walleye pollock in commercial catches (Danish seine) in Peter the Great Bay in 2019–2022

кого уровня укладывается в традиционный 3–5-летний период.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Появление в водах залива Петра Великого урожайного поколения минтая 2014 г. рождения привело к существенным изменениям состояния ресурсов,

воспроизводства и добычи этого вида. Результаты ихтиопланктонных исследований 2019–2022 гг. свидетельствовали о возобновлении массового икрометания весеннерестующего минтая в традиционных районах воспроизводства. Около 60% выметанной икры приходилось на акваторию восточнее о. Аскольд, а остальная часть — на Уссурийский залив. Интенсив-

ный массовый нерест минтая начинался в конце первой декады апреля восточнее о. Аскольд (район залива Восток), в третьей декаде апреля перемещался в Уссурийский залив, где заканчивался в первой декаде мая. Анализ размерно-возрастной структуры половозрелых рыб из залива Петра Великого показал, что на протяжении четырёх последних лет в нерестовом запасе абсолютно доминировало поколение 2014 г. рождения.

Динамика промысловых ресурсов минтая залива Петра Великого в современный период характеризовалась резким ростом до уровня рекордных значений за всю историю наблюдений. Это сказалось и на результативности промысла. В 2018 г. произошёл двукратный рост добычи, который был обеспечен начавшими вступать в промысловый запас высокочисленными 4-годовиками. В дальнейшем положительная динамика сохранилась, и в 2021 г. было освоено 16,8 тыс. т, что явилось максимумом за последние 30 лет. В последние два года наметилась закономерная тенденция снижения по причине выхода особей урожайной когорты из промыслового и нерестового запаса. Результаты траловой съёмки 2022 г. показали, что за три нерестовых сезона этой генерации какого-либо значимого дочернего поколения не появилось. Численность рыб 2019 г. рождения оценена по съёмке немногим более 25 млн особей. Генерации двух последующих лет оказались ещё более малочисленными. Если итоги воспроизводства 2022 г. окажутся такими же неудачными, то можно прогнозировать возврат ресурсов минтая залива Петра Великого к периоду низкой численности в течение ближайших трёх-пяти лет.

Благодарности

Авторы выражают глубокую признательность участником экспедиций в водах Приморья, принявшим участие в сборе материалов, использованных в статье.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках Госзадания Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»).

ЛИТЕРАТУРА

- Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. 2007. Географическая информационная система «Картмастер» // Рыбное хозяйство. № 1. С. 96–99.
- Буслов А.В. 2009. Определение возраста тресковых (Gadidae) дальневосточных морей: теоретические положения и методические подходы (обзор) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. № 14. С. 32–46.
- Буслов А.В., Сергеева Н.П. 2013. Эмбриогенез и раннее постэмбриональное развитие тресковых рыб дальневосточных морей // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. № 29. С. 5–69.
- Буслов А.В., Овсянников Е.Е. 2019. Валидность оценок возраста минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas, 1814) восточной части Охотского моря по отолитам // Биология моря. Т. 45. № 5. С. 349–355.
- Буслов А.В., Смирнов А.В. 2021. Смертность икринок минтая *Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814 в течение эмбриогенеза в водах западного побережья Камчатки // Биология моря. Т. 47. № 4. С. 228–234.
- Вдовин А.Н., Четырбоцкий А.Н., Нуждин В.А. 2017. Динамика численности приморского минтая *Theragra chalcogramma* Pallas, 1814 (Gadidae, Gadoformes) (Японское море) // Биология моря. Т. 43. № 5. С. 321–328.
- Веденский А.П. 1971. О локальности и особенностях формирования нерестовых скоплений минтая западной части Японского моря // Известия ТИНРО. Т. 79. С. 42–57.
- Гаврилов Г.М., Безлюдный А.М. 1986. Динамика численности минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) юго-западной части Японского моря // Тресковые дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. С. 5–28.
- Зуенко Ю.И., Нуждин В.А. 2018. Влияние современных изменений океанологических условий в Японском море на состояние запасов приморской популяции минтая // Вопросы рыболовства. Т. 19. № 3. С. 377–386.
- Зуенко Ю.И., Нуждин В.А. 2020. Рикеровский анализ динамики численности двух популяций минтая в Японском море // Труды ВНИРО. Т. 180. С. 156–173.
- Кагановская С.М. 1954. О распределении икры и личинок некоторых рыб в зал. Петра Великого // Известия ТИНРО. Т. 42. С. 165–175.
- Калчугин П.В., Соломатов С.Ф., Кобликов В.Н. 2015. Современное состояние рыболовства в подзоне Приморье и его перспективы // Рыбное хоз-во. № 2. С. 49–54.
- Нуждин В.А. 1987. Распределение икры и личинок минтая в северо-западной части Японского моря // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 74–80.
- Нуждин В.А. 1998. Минтай северо-западной части Японского моря — особенности биологии, размножения, промысел // Известия ТИНРО. Т. 123. С. 53–73.
- Нуждин В.А. 2008. Биология и состояние запасов минтая *Theragra chalcogramma* в водах Приморья: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-Центр. 20 с.
- Планирование, организация и обеспечение исследований рыбных ресурсов дальневосточных морей России и северо-западной части Тихого океана. 2005. Владивосток: ТИНРО-Центр. 231 с.

- Фадеев Н.С. 2009. Минтай Японского моря: сроки и районы нереста, популяционный состав // Известия ТИНРО. Т. 159. С. 70–100.
- Фадеев Н.С., Веспестад В. 2001. Обзор промысла минтая // Известия ТИНРО. Т. 128. С. 75–91.
- Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. 426 с.
- Kimura D.K., Kastele C.R., Goetz B.J., Gbarski C.M., Buslov A.V. 2006. Corroborating the age of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) // Marine and Freshwater Research. V. 57. P. 323–332.

REFERENCES

- Bizikov V.A., Goncharov S.M., Polyakov A.V. 2007. Geographic information system «Kartmaster» // Fish industry. No. 1. pp. 96–99. (In Russ.).
- Buslov A.V. 2009. Determination of the age of cod (Gadidae) in the Far Eastern seas: theoretical provisions and methodological approaches (review) // Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the northwestern part of the Pacific Ocean. No. 14. pp. 32–46. (In Russ.).
- Buslov A.V., Sergeeva N.P. 2013. Embryogenesis and early postembryonic development of cod fish of the Far Eastern seas // Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the northwestern part of the Pacific Ocean. No. 29. pp. 5–69. (In Russ.).
- Buslov A.V., Ovsyannikov E.E. 2019. Validity of pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas, 1814) age estimates in the eastern part of the Sea of Okhotsk based on otoliths // Marine Biology. V. 45. No. 5. pp. 349–355. (In Russ.).
- Buslov A.V., Smirnov A.V. 2021. Mortality of pollock *Gadus chalcogrammus* (Pallas, 1814) eggs during embryogenesis in the waters of the western coast of Kamchatka // Marine Biology. V. 47. No. 4. pp. 228–234. (In Russ.).
- Vdovin A.N., Chetyrbotsky A.N., Nuzhdin V.A. 2017. Population dynamics of the pollock *Theragra chalcogramma* Pallas, 1814 (Gadidae, Gadoformes) (Sea of Japan) // Marine Biology. V. 43. No. 5. pp. 321–328. (In Russ.).
- Vedensky A.P. 1971. On the locality and features of the formation of pollock spawning aggregations in the western part of the Sea of Japan // Izvestiya TINRO. V. 79. Pp. 42–57. (In Russ.).
- Gavrilov G.M., Bezlyudny A.M. 1986. Population dynamics of pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas) in the southwestern part of the Sea of Japan // Cod fish of the Far Eastern seas. Vladivostok: TINRO. Pp. 5–28. (In Russ.).
- Zuenko Yu.I., Nuzhdin V.A. 2018. Influence of modern changes in oceanological conditions in the Sea of Japan on the state of stocks of the coastal pollock population // Problems of fishing. V. 19. No. 3. Pp. 377–386. (In Russ.).
- Zuenko Yu.I., Nuzhdin V.A. 2020. Riker's analysis of the population dynamics of two pollock populations in the Sea of Japan // Proceedings of VNIRO. V. 180. Pp. 156–173. (In Russ.).
- Kaganovskaya S.M. 1954. On the distribution of eggs and larvae of some fish in the hall. Peter the Great // Izvestiya TINRO. V. 42. pp. 165–175. (In Russ.).
- Kalchugin P.V., Solomatov S.F., Koblikov V.N. 2015. The current state of fisheries in the Primorye subzone and its prospects // Fish industry. No. 2. Pp. 49–54. (In Russ.).
- Nuzhdin V.A. 1987. Distribution of eggs and larvae of walleye pollock in the northwestern part of the Sea of Japan // Population structure, population dynamics and ecology of walleye pollock. Vladivostok: TINRO. Pp. 74–80. (In Russ.).
- Nuzhdin V.A. 1998. Pollock in the northwestern part of the Sea of Japan — features of biology, reproduction, fishing // Izvestiya TINRO. V. 123. Pp. 53–73. (In Russ.).
- Nuzhdin V.A. 2008. Biology and stock status of pollock *Theragra chalcogramma* in the waters of Primorye. PhD Abstract. Vladivostok: TINRO-Center. 20 p. (In Russ.).
- Planning, organizing and providing research on fish resources of the Far Eastern seas of Russia and the northwestern part of the Pacific Ocean. 2005. Vladivostok: TINRO-Center. 231 p. (In Russ.).
- Fadeev N.S. 2009. Pollock of the Sea of Japan: timing and areas of spawning, population composition // Izvestiya TINRO. V. 159. Pp. 70–100. (In Russ.).
- Fadeev N.S., Vespestad V. 2001. Survey of the pollock fishery // Izvestiya TINRO. V. 128. Pp. 75–91. (In Russ.).
- Shuntov V.P., Volkov A.F., Temnyh O.S., Dulepova E.P. 1993. Walleye pollock in the ecosystems of the Far Eastern seas. Vladivostok: TINRO. 426 p. (In Russ.).

Поступила в редакцию 25.07.2022 г.

Принята после рецензии 15.09.2022 г.



Промысловые виды и их биология

Чукотское море — новый район промысла минтая

А.В. Датский¹, А.Ю. Шейбак¹, В.Г. Чикилев²

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

² Отдел научных исследований биоресурсов внутренних водоёмов и вод, прилегающих к Чукотскому АО Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), ул. Отке, 56, Анадырь, 689000

E-mail: adatsky@vniro.ru

Цель работы: выявление особенностей распределения и биологии минтая *Gadus chalcogrammus*, а также представление информации о запасах вида и начальном этапе освоения его ресурсов в западной части Чукотского моря.

Используемые методы: для решения поставленной цели использовали материалы девяти комплексных траловых съёмок, выполненных в 1995–2020 гг. на научно-исследовательских судах, а также береговые исследования на арктическом побережье Чукотского автономного округа, в рамках которых проанализированы данные по распределению, биологии, биомассе и промыслу минтая.

Новизна: элементами новизны являются обобщённые современные материалы по распределению, биологии и впервые организованному промыслу минтая.

Практическая значимость: Чукотское море можно отнести к наиболее благоприятным районам для изучения изменчивости организации арктических экосистем, обусловленных нестабильностью климатических условий на Земле в период потепления. Полученные результаты исследований по особенностям распределения, биологии, запасам и промыслу такого массового вида-индикатора как минтай позволят повысить эффективность использования сырьевой базы морских рыб данного водоёма.

Ключевые слова: минтай *Gadus chalcogrammus*, Чукотское море, распределение, биология, биомасса, промысел.

Chukchi Sea — new walleye pollock fishing area

Andrey V. Datsky¹, Artem Yu. Sheybak¹, Vladislav G. Chikilev²

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

² Department of scientific research of bioresources of inland water bodies and waters adjacent to the Chukotka AO of the Pacific branch of «VNIRO» («TINRO»), st. Otke, 56, Anadyr, 689000, Russia

The purpose: to identification of the features of the distribution and biology of walleye pollock *Gadus chalcogrammus*, as well as the presentation of information on the stocks of the species and the initial stage of development of its resources in the western part of the Chukchi Sea.

Methods used: to achieve this goal, we used materials from nine integrated trawl surveys carried out in 1995–2020 on research vessels, as well as coastal studies on the Arctic coast of the Chukotka Autonomous Okrug, which analyzed data on the distribution, biology, biomass and fishery of walleye pollock.

Novelty: elements of novelty are generalized modern materials on the distribution, biology and for the first time organized pollock fishery.

Practical significance: the Chukchi Sea can be attributed to the most favorable areas for studying the variability of the organization of Arctic ecosystems, due to the instability of climatic conditions on Earth during the period of warming. The obtained results of studies on the distribution, biology, stocks and fishery of such a mass indicator species as walleye pollock will increase the efficiency of using the raw material base of marine fish in this reservoir.

Keywords: walleye pollock, Chukchi Sea, distribution, biology, biomass, fishery.

ВВЕДЕНИЕ

Расширение интереса государства к рыбным запасам дальневосточных морей в конце 1920-х гг. — начале 1930-х гг. привело к формированию поисковых экспедиционных исследований, результатом которых явились новые объекты и районы промысла в дальневосточных морях и прилегающих акваториях Тихого океана. В этот период было положено начало

освоения тралами, ярусами, снюрреводами и неводами трески *Gadus macrocephalus* Tilesius, 1810, наваги *Eleginus gracilis* (Tilesius, 1810), сельди *Clupea pallasii* Valenciennes, 1847, палтусов, тихоокеанских лососей. В дальнейшем успешные результаты полномасштабных научных исследований 1950–1960-х гг. способствовали росту интереса рыбопромышленников к освоению рыбных ресурсов, который в 1970–1980-х гг.

совпал с появлением новых, эффективных для того времени, судов и орудий лова, а также с повышением биомассы многих рыб, в первую очередь, тресковых. Значительному росту уловов тресковых рыб (особенно минтая и трески), возобновлению добычи палтусов, появлению в промысловой статистике морских окуней, бычков, терпугов, угольной рыбы *Anoplopoma fimbria* (Pallas, 1814) и гольцов способствовало и введение в 1977 г. 200-мильных экономических зон прибрежных государств [Датский, 2019]. Именно в период становления крупномасштабного рыболовства в дальневосточных морях были оценены перспективы промысла отдельных видов и морских рыб в целом [Гордеев, 1949; Моисеев, 1953, 1964; Расс, 1955; Полутон, 1960; Кустов, 1968; Новиков, 1974; Шунтов, 1985; Шунтов и др., 1993; Борец, 1997; и др.]. Дальнейшими комплексными исследованиями 1980–2010-х гг. возможности рыбного промысла существенно расширены.

Существующие на современном этапе результаты промысла в Дальневосточном рыбопромысловом бассейне превзошли все ожидания специалистов. Так, по данным 2018 г. общая добыча морских рыб (176 единиц запасов без тихоокеанских лососей) российским рыболовным флотом и предприятиями рыбного промысла составила 2533 тыс. т. Наибольшие уловы рыб обеспечивало Охотское море (1481 тыс. т или 58,5% всего вылова), наименьшие — российские воды Японского моря (27 тыс. т или 1,1%). В Беринговом море и северо-западной части Тихого океана итоговые объёмы вылова составили 560 и 465 тыс. т, соответственно [Антонов, Датский, 2019].

Значительный рост и пространственное расширение ресурсных исследований, обширная экспансия промысла в пределах дальневосточных морей и прилегающих к ним акваторий с 1950-х гг. по настоящее время, казалось бы, не оставили каких-либо шансов по выявлению новых районов рыболовства и, тем более, видов с достаточной для организации добычи рентабельностью. Ещё меньше иллюзий оставалось в этом плане в отношении морей восточного сектора Арктики (Восточно-Сибирское, Чукотское моря), перспективных, на первый взгляд, в начальный период исследований и зачастую не оправдывающих высоких ожиданий после многолетних, хотя и нерегулярных, научных экспедиций. К примеру, в 2020 г. на акватории этих морей возможности промысла ограничивались лишь 11 объектами рыболовства с суммарным рекомендованным выловом 3,91 тыс. т, притом, что 3,9 тыс. т приходилось на один вид — сайку *Boreogadus saida* (Lepeschin, 1774) Чукотского моря. В то время, как только в западном секторе Арктики (главным образом

в Баренцевом море, в меньшей степени — в морях Белом, Карском и Лаптевых) было рекомендовано к вылову 56,84 тыс. т 45 единиц запасов рыб (без квот по международным соглашениям), не говоря уже об упомянутых выше акваториях Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна.

Несмотря на вышесказанное, в 2018–2020 гг. в юго-западной части Чукотского моря в результате комплексных траловых исследований были обнаружены промысловые скопления минтая *Gadus chalcogrammus* (Pallas, 1814), что позволило уже в 2021 г. рекомендовать к вылову 37,2 тыс. т этого вида в режиме общего допустимого улова (ОДУ). Обнаружение такого ценного объекта рыболовства и в столь значимых объёмах в российских водах моря можно считать результатом повышения государственного интереса к арктическим морям, что привело к росту числа экспедиционных исследований и, в первую очередь, в Чукотском море, рыбопромысловая значимость которого до настоящего времени была изучена слабо. Если в 1990–2009 гг. в российской акватории моря было проведено пять комплексных траловых съёмок, то в последнее десятилетие столько же (три из них в 2018–2020 гг.). В то же время даже по массовым рыбам (к которым относится минтай), обитающим в акватории моря, отсутствует современная информация об особенностях их обитания, распределения и биологии (размерно-возрастной состав, темп роста, возраст и продолжительность созревания, сроки и масштабы нереста).

В этой связи, целью настоящего исследования является выявление особенностей распределения и биологии минтая, а также представление информации о запасах этого вида и начальном этапе освоения его ресурсов в западной части Чукотского моря.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Основой для настоящей работы послужили материалы девяти комплексных траловых съёмок, выполненных в 1995–2020 гг. на научно-исследовательских судах Базы исследовательского флота ВНИРО (до 2018 г. БИФ ТИНРО), в ходе которых осуществлено 366 тралений. В целом в летне-осенний период исследованиями была охвачена значительная акватория российского сектора Чукотского моря, за исключением прибрежной мелководной части с глубинами менее 26 м (рис. 1).

Вследствие суровых природных условий и отсутствия до 2021 г. промысла, сбор материала в Чукотском море осуществляли в ограниченные сроки (август-сентябрь) исключительно на научных судах. В ходе комплексных съёмок использовали донные

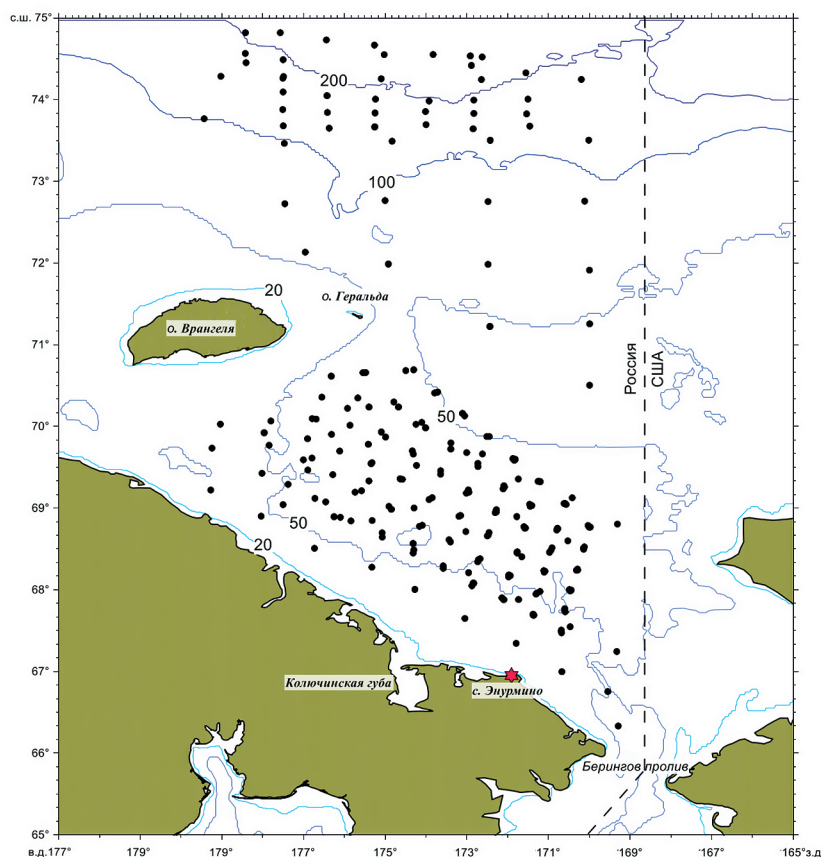


Рис. 1. Карта-схема научных тралений (точки) и береговых исследований (звездочка) в Чукотском море в летне-осенний период 2010, 2018–2021 гг.

Fig. 1. Schematic map of scientific trawling (points) and coastal surveys (asterisk) in the Chukchi Sea in the summer-autumn period of 2010, 2018–2021

и пелагические тралы со вставкой из мелкочаистой дели в кутцевой части (ячей 10 мм) для эффективного облова молоди рыб с продолжительностью тралений по 30 мин. При выполнении научных съёмок в 2003, 2007, 2008 гг. были использованы пелагические тралы, в прочие годы — донные. В целях выяснения возможностей рыболовства минтая в южной части моря, в начале сентября 2020 г. проведены также траления вышеуказанным пелагическим тралом (но без мелкочаистой вставки) продолжительностью по 3 ч.

Помимо траловых сборов, 22–24 октября 2021 г. в рамках ежегодных исследований морских млекопитающих и мониторинга их традиционного промысла, осуществляемого представителями коренных малочисленных народов Севера, в бух. Натоканэльгын и у м. Нэттэн вблизи национального села Энурмино (арктическое побережье Чукотского АО) были обнаружены скопления минтая (рис. 1). Сбор материалов в этом случае осуществляли ставными сетями длиной 20 м и высотой стенки 2 м с шагом ячей 45 мм и с толщиной лески 0,5 мм на глубине 3–5 м. Полный биологический анализ проведён для 25 особей мин-

тая, ещё у 29 рыб проанализировано содержимое желудков.

В целом при описании биологии минтая использованы данные 11046 промеров длины тела, 2041 биологических анализов (полных или только со вскрытием) и 503 определений возраста. Для размерно-весовой характеристики у минтая измеряли длину тела по Смитту (FL) с точностью до 1 см и определяли общую массу тела. В большинстве рейсов минтая взвешивали на электронных весах Marel («Marel», Исландия), предназначенных для работы в условиях морской качки, с погрешностью 0,1 г. Возраст минтая определяли по отоликам в лабораторных условиях с использованием метода «break and burn», широко применяемого в исследованиях тресковых рыб [Буслов, 2005].

Распределение уловов минтая по данным траловых научных и промысловых орудий лова проводили в программе «Surfer». Вылов минтая в 2021 г. в рамках промышленного лова анализировали по материалам оперативной информации о промысле по данным суточных судовых донесений отраслевой системы мо-

ниторинга (ОСМ). Для доступа и первичной обработки использовали программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Распределение. На протяжении 2018–2020 гг. при проведении донных траловых съёмок в западной части Чукотского моря минтай являлся одним из массовых видов рыб как по численности, так и по биомассе. Его промысловая биомасса изменялась от 32 тыс.

т в 2018 г. до 365–380 тыс. т в 2019–2020 гг. [Датский и др., 2022]. В то же время результаты однотипной съёмки, проведённой в 2010 г., говорят об обратном — минтай встречался крайне редко. Так, в сентябре 2010 г. в ходе выполнения экспедиционных работ обследована акватория юго-западной части Чукотского моря от Берингова пролива до вод, омывающих о. Врангеля, с глубинами 45–54 м. При этом только в одном трале на траверсе Берингова пролива зафиксирован один экземпляр минтая длиной 82 см и массой

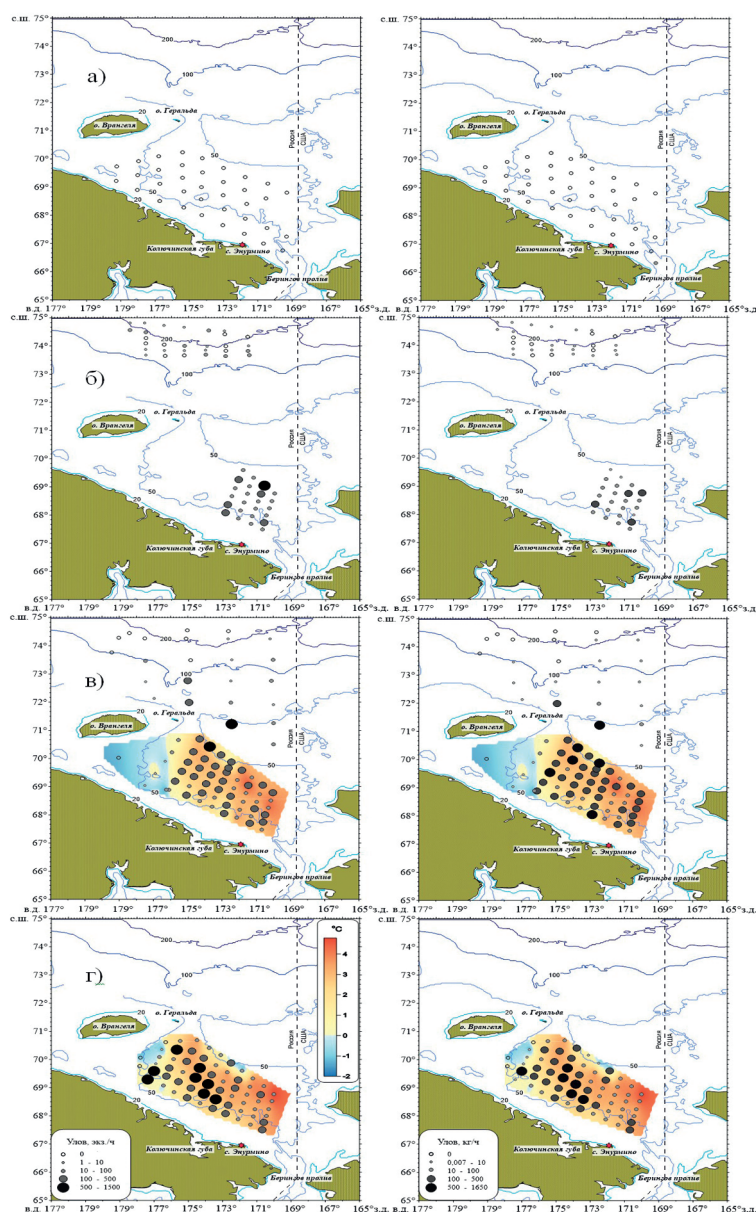


Рис. 2. Распределение уловов минтая (слева — численности, экз./час траления; справа — биомассы, кг/час траления) и температуры (°C) придонных вод в Чукотском море по данным донных траловых исследований в сентябре 2010 г. (а), августе-сентябре 2018 г. (б), августе 2019 г. (в) и августе 2020 г. (г)

Fig. 2. Distribution of walleye pollock catches (on the left, abundance, ind./hour of trawling; on the right, biomass, kg/hour of trawling) and temperature (°C) of bottom waters in the Chukchi Sea according to bottom trawl surveys in September 2010 (a), August-September 2018 (б), August 2019 (в) and August 2020 (г)

4,9 кг. На всей остальной обследованной акватории данный вид в уловах трала отсутствовал (рис. 2 а). Более ранние исследования при изучении ихтиофауны Чукотского моря на основе всех существующих на тот момент материалов также не давали оснований для включения минтая в список промысловых рыб этого водоёма [Datsky, 2015].

По данным траловой съёмки в акватории Чукотского моря в августе — начале сентября 2018 г. выявлен рост численности и биомассы мигрирующего из Берингова моря минтая (рис. 2 б). В южной части моря средняя величина его улова на часовое траление составляла 110 экз. (70 кг), при максимальном значении 854 экз. (270 кг). Севернее, в районе с глубинами более 100 м, уловы рыб были существенно ниже: 6 экз. и 0,2 кг на часовое траление. В уловах отмечено преобладание особей длиной 51–64 см (50,2%).

Учётная съёмка в августе 2019 г. охватила большую площадь моря, нежели в 2018 г., затронув мелководную часть шельфа с глубинами 27–50 м и присваловую его часть с глубинами более 150 м. Это позволило получить более наглядное представление о распределении минтая в тёплый период года. Так, плотные скопления этого вида образовывал в северо-западной части южного полигона при средних уловах 145 экз. (180 кг) на часовое траление. На границе южного и северного полигонов, за пределами изобаты 50 м, зафиксированы два значительных улова минтая, величины которых находились в диапазоне 242–1438 экз. (289–1619 кг) на часовое траление (рис. 3). В пределах шельфа с глубинами около 100 м средние показатели численности и биомассы на часовое траление были почти в два раза ниже: 85 экз. (78 кг). В северной части моря над глубинами более 100 м минтай практически не встречался либо его уловы были единичны — 2–8 экз. (0,01–0,12 кг) на час траления (рис. 2 в). Основу скоплений рыб,

как и в 2018 г., составляли особи длиной 51–65 см (72,2%).

В августе 2020 г. траления выполнялись лишь в южной части Чукотского моря, где минтай отмечался на большей её акватории, за исключением трёх тралений, расположенных на о. Врангеля. При этом рыбы распределялись неравномерно: восточнее 173° з. д. средний улов минтая составлял 75 экз. (69 кг) на часовое траление, в то время как западнее 173° з. д. он формировал более плотные скопления — 262 экз. (256 кг). Максимальный улов вида на всей исследованной акватории достигал 1314 экз. (1369 кг) на час траления и был получен примерно в центральной её части. Несмотря на ограниченность исследований по площади, результаты 2020 г. указывают на расположение более плотных концентраций рыб на глубинах более 50 м. При приближении к Берингову проливу плотность скоплений минтая снижалась, что, скорее всего, связано с избеганием рыб придонных температур от +3 °С и выше (рис. 2 г). Как и в прошлые годы, доминировали особи длиной тела 51–63 см (61,8%).

Распределение различных размерных групп минтая, несмотря на значительное сходство, имело некоторые особенности (рис. 4). Так, по данным 2019 г. молодёжь длиной менее 20 см локализовалась дальше от берега и несколько северо-восточнее, нежели рыбы размером более 45 см. При этом рекруты практически не встречались в тралениях, приближенных к береговой черте Чукотского полуострова и о. Врангеля. Практически та же картина наблюдалась и в 2020 г., но различия в распределении были менее выражены.

Резюмируя полученные результаты о распределении уловов минтая в российских водах Чукотского моря в 2018–2020 гг., можно говорить о его плотных концентрациях лишь в южной части шельфа с глубинами 40–80 м, расположенной от Берингова пролива и до островов Врангеля и Геральда. В северной части



Рис. 3. Проведение траловой съёмки НИС «Профессор Леванидов» в юго-западной части Чукотского моря в августе 2019 г.: а — работа траловой бригады, б — улов минтая на палубе (около 1 т на получасовое траление)

Fig. 3. Conducting a trawl survey of the R/V «Professor Levanidov» in the southwestern part of the Chukchi Sea in August 2019: а — work of the trawl team, б — walleye pollock catch on deck (about 1 ton for a half-hour trawl)

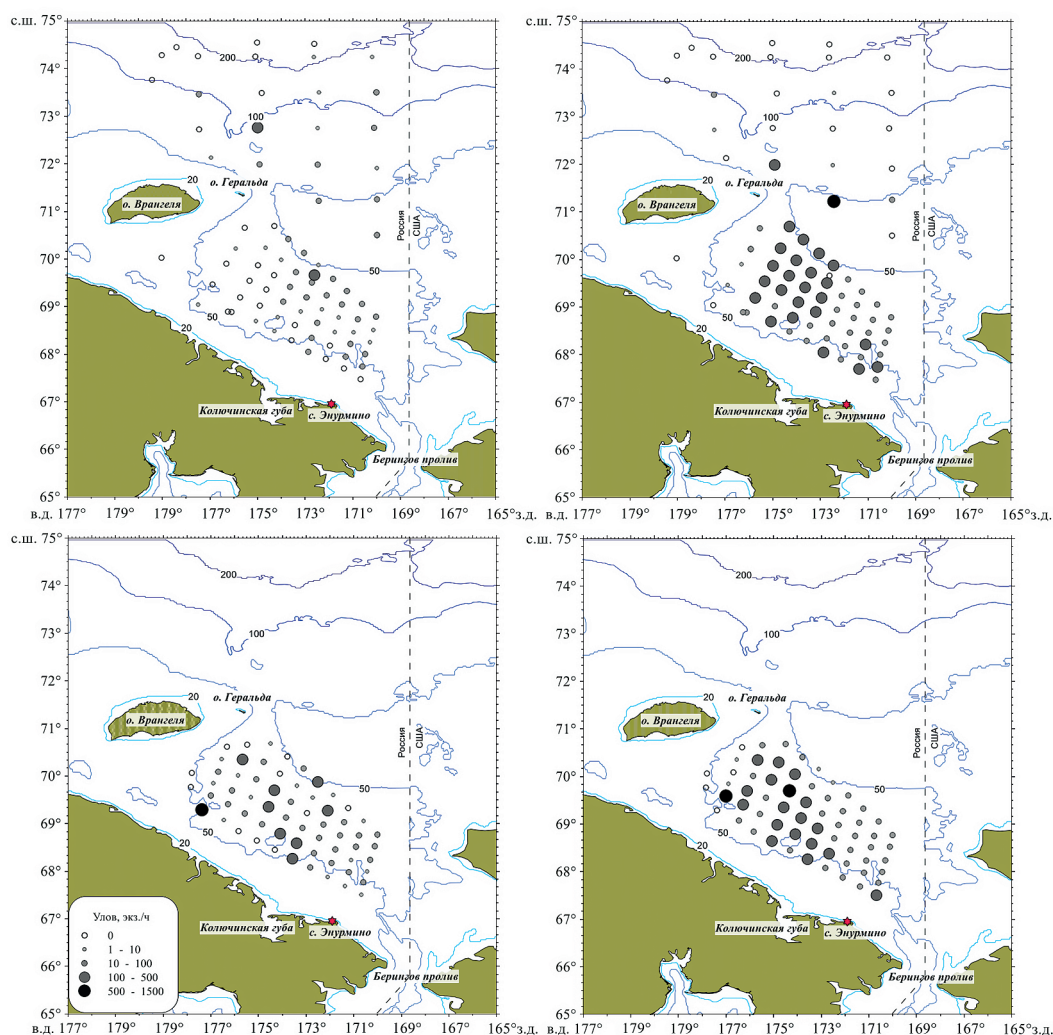


Рис. 4. Распределение минтая (экз./час траления) в Чукотском море (слева — молодь минтая длиной менее 20 см, справа — крупный минтай длиной более 45 см) по данным траловых исследований в 2019 (рис. сверху) и 2020 (внизу) гг.

Fig. 4. Distribution of walleye pollock (ind./hour of trawling) in the Chukchi Sea (on the left — juvenile pollock less than 20 cm long, on the right — large pollock more than 45 cm long) according to the data of trawl surveys in 2019 (figures above) and 2020 (bottom)

моря, в пределах внешней части шельфовой зоны и присваловой части материка, данный вид встречался в незначительных количествах. Помимо этого, он в распространении тяготел к водным придонным массам с положительной температурой 1,5–2,5 °C, образованных смешением холодных арктических и тёплых берингоморских вод [Виркетис, 1952; Думанская, 2017], избегая при этом более холодных и тёплых вод (рис. 2 в, г). Вполне очевидно, что появление промысловых скоплений минтая в юго-западной части Чукотского моря в конце 2010-х гг., наряду с формированием температурного оптимума для него на фоне общего потепления в этой части моря, является следствием благоприятной кормовой базы, способствующей нагульным миграциям рыб в эту акваторию [Кузнецова, Горбатенко, 2021].

По мнению российских и зарубежных исследователей [Matsuno et al., 2011; Ershova et al., 2015], за период с 1945 по 2015 гг. произошло значительное увеличение биомассы зоопланктона в южной части Чукотского моря за счёт высокой численности копепода *Calanus glacialis* Jaschnov, 1955, поступающих с тихоокеанскими водами в летние месяцы. Наблюдалась также тенденция смещения тихоокеанских видов на север моря и их раннее развитие. В связи с потеплением климата и освобождением от льда большей части акватории в летний период, усилилось влияние тихоокеанской фауны в пределах Чукотского региона. Подавляющий объём биомассы зоопланктона, транспортируемого в Арктику из северной части Тихого океана, остаётся в границах протяжённого мелководного шельфа Чукотского моря и становится пищей

для рыб, птиц, морских млекопитающих и донных сообществ. Также в распределении видов зоопланктона, имеющих пищевую ценность, прослеживалась приуроченность повышенных скоплений к районам, находящимся под влиянием более продуктивных беринговоморских вод, которые обогащали фауну и улучшали кормовые условия Чукотского моря [Слабинский, Фигуркин, 2014]. При этом большие объёмы биомассы зоопланктона в акватории моря, как правило, наблюдаются в его южной части, в водах тихоокеанского происхождения и не столь значительные — в водах, поступающих из Арктического бассейна [Касьян, Чавтур, 2017].

Именно в южной части Чукотского моря и отмечены концентрации половозрелого минтая, потребляющего, помимо зоопланктона, рыбные и бентосные организмы. Среди последних формирующие здесь значимые скопления представители ихтиофауны (сайка, молодь минтая и пятнистый лептоклин *Leptoclinus maculatus* (Fries 1838)) и бентоса (креветки *Caridea*, личинки краба-стригуна опилио *Chionocetes opilio* (O. Fabricius, 1788)), доля которых в рационе минтая в 2019 г. достигала 66 и 15 %, соответственно [Кузнецова, Горбатенко, 2021]. Высокая интенсивность питания минтая (а также сайки, ещё одного многочисленного вида), указывает на достаточную обеспеченность пищей чукотского шельфа.

Помимо выявления скоплений минтая длиной более 49 см на шельфе с глубинами 40–80 м, отмечено присутствие таких рыб и у берега, на глубинах менее 5 м. Сначала штучно выброшенный волнами минтай был обнаружен в трёх местах на песчаном берегу бух. Нэттэкэнискин 22 октября 2021 г. Далее 23–24 октября на северо-востоке бух. Натаканэльгын он был замечен скоплениями плотностью 5–7 экз. на 2 м², плавающий у скалистого берега на расстоянии 5–15 м от него в метре от поверхности. Причём, согласно сведениям жителей села Энурмино, данный вид морских рыб ранее никогда здесь не встречался. Также по опросным данным, в 2021 г. в близлежащих национальных сёлах Нешкан (в 40 км на запад от Энурмино) и Инчоун (в 100 км на восток) при осуществлении любительского и традиционного рыболовства минтай не попадался. Хотя в последнем селе осенью 2018 г. отдельные рыбаки, вероятно, отмечали единичные поимки крупных рыб этого вида в сети. Отметим, что нахождение скоплений минтая у села Энурмино вполне объяснимо, т. к. к северу от национального поселения траловыми исследованиями как раз и фиксировались его повышенные уловы (рис. 2 в-г).

Одной из возможных причин появления минтая в мелководных участках бух. Натаканэльгын мож-

но считать хищничество морских млекопитающих [Слепцов, 1955; Гептнер, 1976; Мельников, 2001; Литовка, 2020], среди которых доминируют кольчатая нерпа (акиба) *Pusa hispida* Schreber, 1775 и белуха *Delphinapterus leucas* (Pallas, 1776), а также горбатый кит *Megaptera novaeangliae* Borowski, 1781. Так, в сентябре-октябре 2021 г. в бух. Нэттэкэнискин и прилежащих водах было подсчитано около 100 акиб, 44 белухи и 20 горбачей, а летом этого же года, во время нерестового хода лососевых, морские звероби констатировали присутствие несколько десятков пёстрых нерп *Phoca largha* Pallas, 1811 и отдельных особей сивуча *Eumetopias jubatus* Schreber, 1776. Все эти морские млекопитающие с удовольствием потребляют рыбные объекты, включая минтая, при этом последний является важнейшим потенциальным объектом питания белух [Литовка и др., 2020].

В указанной выше бух. и вокруг мыса Нэттэн 22–24 октября 2021 г. наблюдали несколько групп белух по 10–30 особей, которые и могли загнать под берег минтая. Подтверждением версии нахождения этого вида на мелководье посредством действий морских млекопитающих можно считать и тот факт, что из просмотренных у 54 рыб желудков 49 были пустыми, т. е. минтай здесь не питался и с большей долей вероятности сам служил кормом для хищников. Подобный стиль охоты за рыбными объектами характерен для белух, в частности в Анадырском лимане, когда в конце июля — начале августа они группами охотятся за мигрирующей на нерест кетой [Литовка, 2020].

В целом, появление в 2018–2020 гг. в западной части Чукотского моря значительных ресурсов половозрелого минтая, который ранее здесь практически не отмечался, явилось следствием климатических и океанологических изменений в Беринговом и Чукотском морях [Baker et al., 2020; Basyuk, Zuenko, 2020; Danielson et al., 2020; Плотников и др., 2020; Siddon et al., 2020; Carvalho et al., 2021]. Общее потепление воздуха и морских вод, снижение площади морского льда, сокращение сроков его таяния, изменение циркуляций течений, состава и доступности кормовой базы способствовали перераспределению части скоплений минтая в северную часть Берингова моря с последующим их выходом в юго-западную часть Чукотского моря через Берингов пролив [Слабинский, Фигуркин, 2014; Eisner et al., 2020; Nishio et al., 2020; Кузнецова, Горбатенко, 2021; Baker, 2021; Orlov et al., 2021]. В конечном итоге изменение климата последнего десятилетия привело к значительным перестройкам в морских экосистемах, включая рыбные сообщества, что отразилось на распределении и численности многих рыб, включая минтая.

Особенности биологии. До начала 2000-х гг. информация о биологии минтая в акватории Чукотского моря практически отсутствовала. Эпизодические материалы свидетельствовали о присутствии в юго-западной части моря незначительного количества молоди (преимущественно сеголетки), которая попадала сюда посредством тёплых течений через Берингов пролив из Берингова моря, где находятся основные нерестилища и нагульные акватории группировок этого вида [Wolotira et al., 1977; Шунтов и др., 1993; Степаненко, 1997; Степаненко, Грицай, 2016, 2018]. Климатические изменения в 2000–2010-х гг. (особенно значительные в 2017–2019 гг.) привели к перераспределению минтая: его более низкая численность по сравнению с историческими средними показателями отмечена в южных районах шельфа Берингова моря с одновременным увеличением численности половозрелых особей на севере моря [Eisner et al., 2020; Baker, 2021]. Адаптация минтая к меняющимся условиям среды вкупе с поисками более доступной кормовой базы, по-видимому, и привели к миграциям части этих рыб на шельф Чукотского моря, о чём и свидетельствуют наши данные (рис. 2, 5).

Так, в 2003 г. получены первые сведения о нахождении в районе чукотского шельфа особей минтая длиной более 40 см, среди которых преобладали рыбы 50–60 см (58,7% всех уловов) в возрасте 7–10 лет (рис. 5). В 2007–2008 гг. в траловых уловах, за редким исключением, обнаружены особи длиной 7–14 см с некоторым доминированием годовалых рыб. В 2018–2020 гг. в уловах опять появился половозрелый минтай с преобладанием рыб размером 50–65 см: в разные годы их доля составляла 52,8–74,4%. Его возраст находился в пределах 1–16 лет с превалированием 8–10-годовалых особей поколений 2007–2012 гг. Учитывая небольшие глубины района исследований, размерно-возрастные характеристики минтая, пойманного у дна и в толще воды, имели значительное сходство, за исключением меньшего количества молоди и сверхкрупных особей длиной более 65 см в возрасте 13–15 лет в уловах пелагических тралов. Полученные данные по появлению половозрелого минтая в определённые годы в пределах чукотского шельфа согласуются с материалами, свидетельствующими о чередовании тёплых (2002–2005, 2014–2019 гг.) и холодных (2006–2013 гг.) лет [Andrews et al., 2016; Baker et al., 2020; Danielson et al., 2020; Yasumiishi et al., 2020; Baker, 2021].

В октябре 2021 г. траловые съёмки не выполнялись, однако в районе м. Энурмино в бух. Натанкан-эльгын в пределах глубин 3–5 м жаберными сетями отмечены поимки особей минтая, длина, масса

и возраст которых находились в диапазоне 49–65 см, 830–1910 г и 5–14 лет (рис. 6). Основу промысловых рыб (80% всех уловов) представляли особи длиной 51–59 см (возраст 8–11 лет). Эти данные дополнили результаты исследований 2018–2020 гг.: помимо подтверждения факта продолжающегося присутствия крупноразмерного минтая в юго-западной части Чукотского моря, было показано, что его распространение не ограничивается глубинами более 25 м и может простирается в пределах мелководного шельфа арктического побережья Чукотского полуострова практически до приливно-отливной зоны.

В целом за весь период исследований в российских водах Чукотского моря отмечено доминирование рыб длиной 9–14 и 50–65 см в возрасте 2, 8–12 лет, доля которых превышала 82% (рис. 7). Отличительной особенностью нагуливающегося здесь минтая явилось практически полное отсутствие особей размером 22–45 см. В то же время в прилегающей к чукотскому шельфу акватории северо-западной части Берингова моря эти рыбы составляли $\geq 69\%$ всех уловов, а старшевозрастной минтай, наоборот, отмечался в минимальных количествах (рис. 7 в). Отметим, что осреднённый размерно-возрастной состав рыб в пелагиали и у дна в пределах чукотского шельфа различался незначительно: лишь во втором биотопе отмечена повышенная доля годовалых особей и рыб в возрасте 8–9 лет (рис. 7 а, б). В смежном Беринговом море распределение минтая в толще воды существенно отличалось: в пелагиали доминировали рыбы длиной 25–40 см с модой 33–35 см в возрасте 2–4 года, у дна минтай сосредоточивался более равномерно с увеличенным присутствием особей размером 9–18 и 37–43 см, соответственно, в возрасте 2–3 и 5–6 лет. Объяснение этому видится в физико-географических особенностях северо-западной части Берингова моря, где, наряду с обширным мелководным Анадырским заливом (сходным с чукотским шельфом) имеется свал глубин южнее м. Наварин, благоприятный для нагула среднеразмерного минтая.

Неполовозрелые особи в траловых уловах на шельфе Чукотского моря имели длину 7,5–24,0 см и массу тела 1–100 г. Среди половозрелых рыб самки были крупнее самцов: 25,3–82,0 см, масса — 106–4950 г. Самцы длиной 25,0–76,1 см и массой 97–2506 г встречались в меньших количествах (в 2–3 раза), чем самки (табл. 1). Большие размеры самок и преобладание их среди старшевозрастного минтая характерны для вида в целом, что подтверждается данными из других районов обитания рыб [Шунтов и др., 1993; Датский, 2016]. Зависимость массы (W , г) минтая от длины (FL , см) в районе исследований

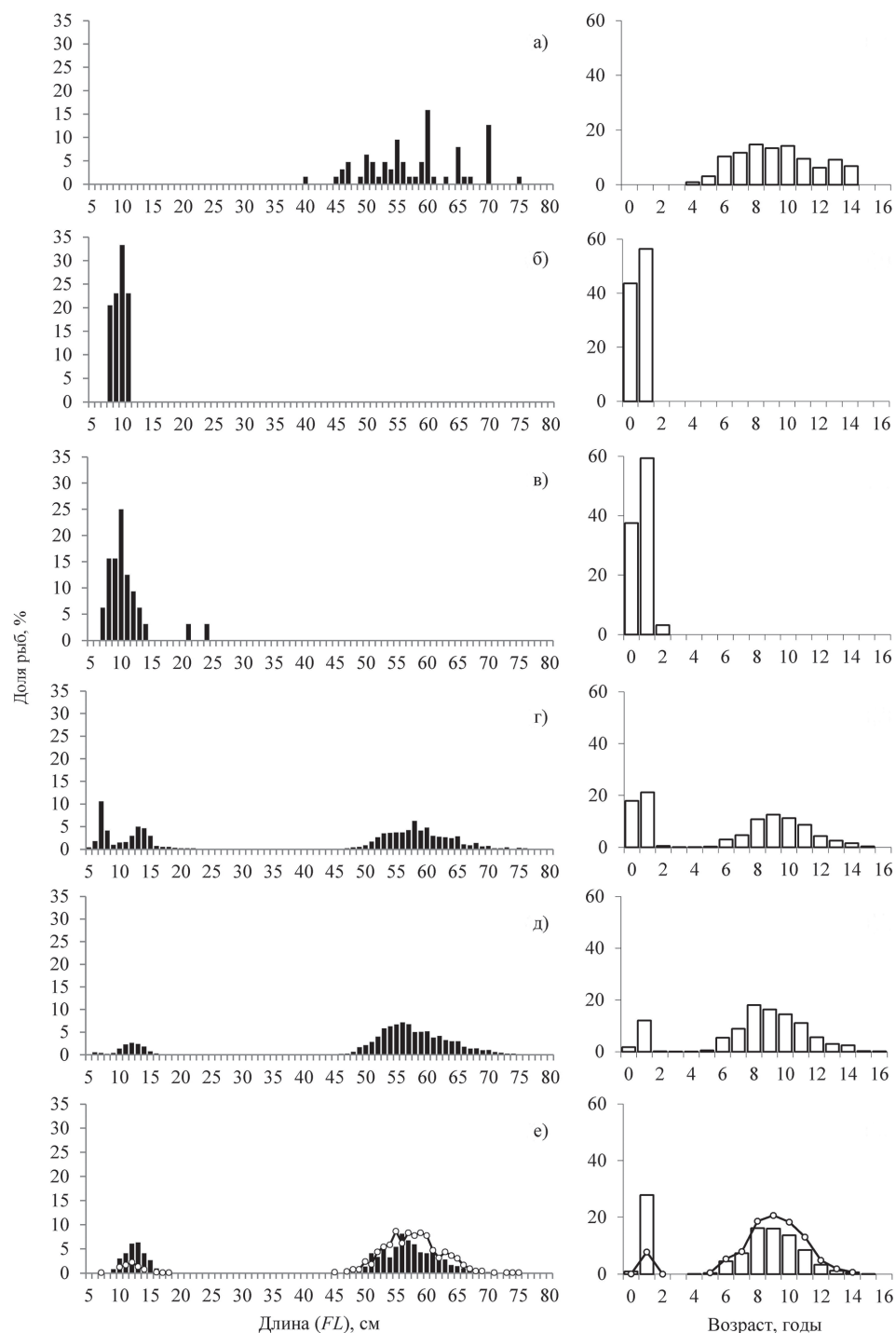


Рис. 5. Размерный и возрастной состав минтая в траловых уловах в российских водах Чукотского моря: а – август 2003 г. ($FL_{\text{ср.}} = 57,9$ см, средний возраст 9,4 года, $n = 63$ экз.); б – август 2007 г. ($FL_{\text{ср.}} = 9,6$ см; $t_{\text{ср.}} = 0,6$ года; $n = 39$ экз.); в – сентябрь 2008 г. ($FL_{\text{ср.}} = 10,8$ см; $t_{\text{ср.}} = 0,7$ года; $n = 32$ экз.); г – сентябрь 2018 г. ($FL_{\text{ср.}} = 39,8$ см; $t_{\text{ср.}} = 6,0$ года; $n = 944$ экз.); д – август 2019 г. ($FL_{\text{ср.}} = 51,6$ см; $t_{\text{ср.}} = 8,1$ года; $n = 3957$ экз.); е – август–сентябрь 2020 г.: (■) и (□) – донные научные траления ($FL_{\text{ср.}} = 43,4$ см; $t_{\text{ср.}} = 6,7$ года; $n = 5080$ экз.), (–○–) – пелагические промысловые траления ($FL_{\text{ср.}} = 54,1$ см; $t_{\text{ср.}} = 8,5$ года; $n = 886$ экз.)

Fig. 5. Size and age composition of walleye pollock in trawl catches in the Russian waters of the Chukchi Sea: а – August 2003 ($FL_{\text{av.}} = 57,9$ cm, mean age 9,4 years, $n = 63$ ind.); б – August 2007 ($FL_{\text{av.}} = 9,6$ cm; $t_{\text{av.}} = 0,6$ years; $n = 39$ ind.); в – September 2008 ($FL_{\text{av.}} = 10,8$ cm; $t_{\text{av.}} = 0,7$ years; $n = 32$ ind.); г – September 2018 ($FL_{\text{av.}} = 39,8$ cm; $t_{\text{av.}} = 6,0$ years; $n = 944$ ind.); д – August 2019 ($FL_{\text{av.}} = 51,6$ cm; $t_{\text{av.}} = 8,1$ years; $n = 3957$ ind.); е – August–September 2020: (■) and (□) – bottom scientific trawls ($FL_{\text{av.}} = 43,4$ cm; $t_{\text{av.}} = 6,7$ years; $n = 5080$ ind.), (–○–) – pelagic commercial trawls ($FL_{\text{av.}} = 54,1$ cm; $t_{\text{av.}} = 8,5$ years old; $n = 886$ ind.)

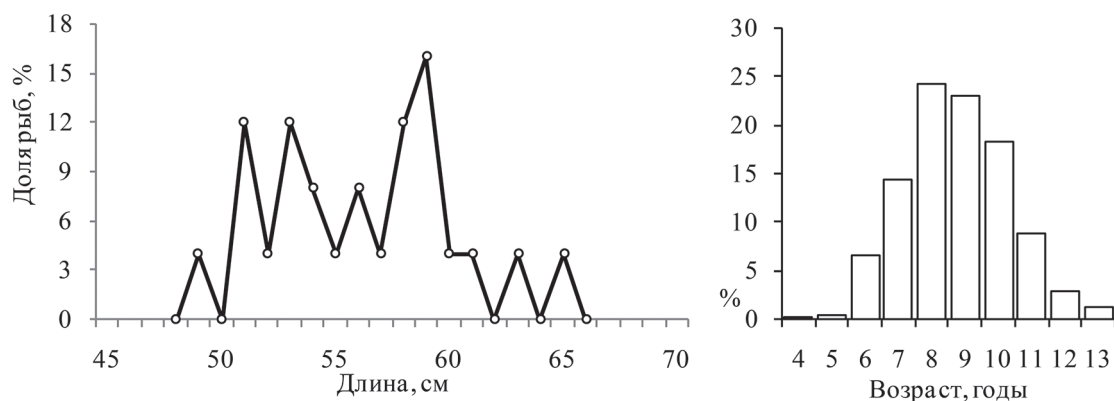


Рис. 6. Размерный и возрастной состав минтая ($FL_{\text{ср.}} = 56,2$ см; $t_{\text{ср.}} = 8,7$ года; $n = 25$ экз.) в уловах жаберных сетей в бух. Натоканэльгын Чукотского моря в октябре 2021 г.

Fig. 6. Size and age composition of walleye pollock ($FL_{\text{av.}} = 56,2$ cm; $t_{\text{av.}} = 8,7$ years; $n = 25$ ind.) in gillnet catches in Natakanelgyn Bay of the Chukchi Sea in October 2021

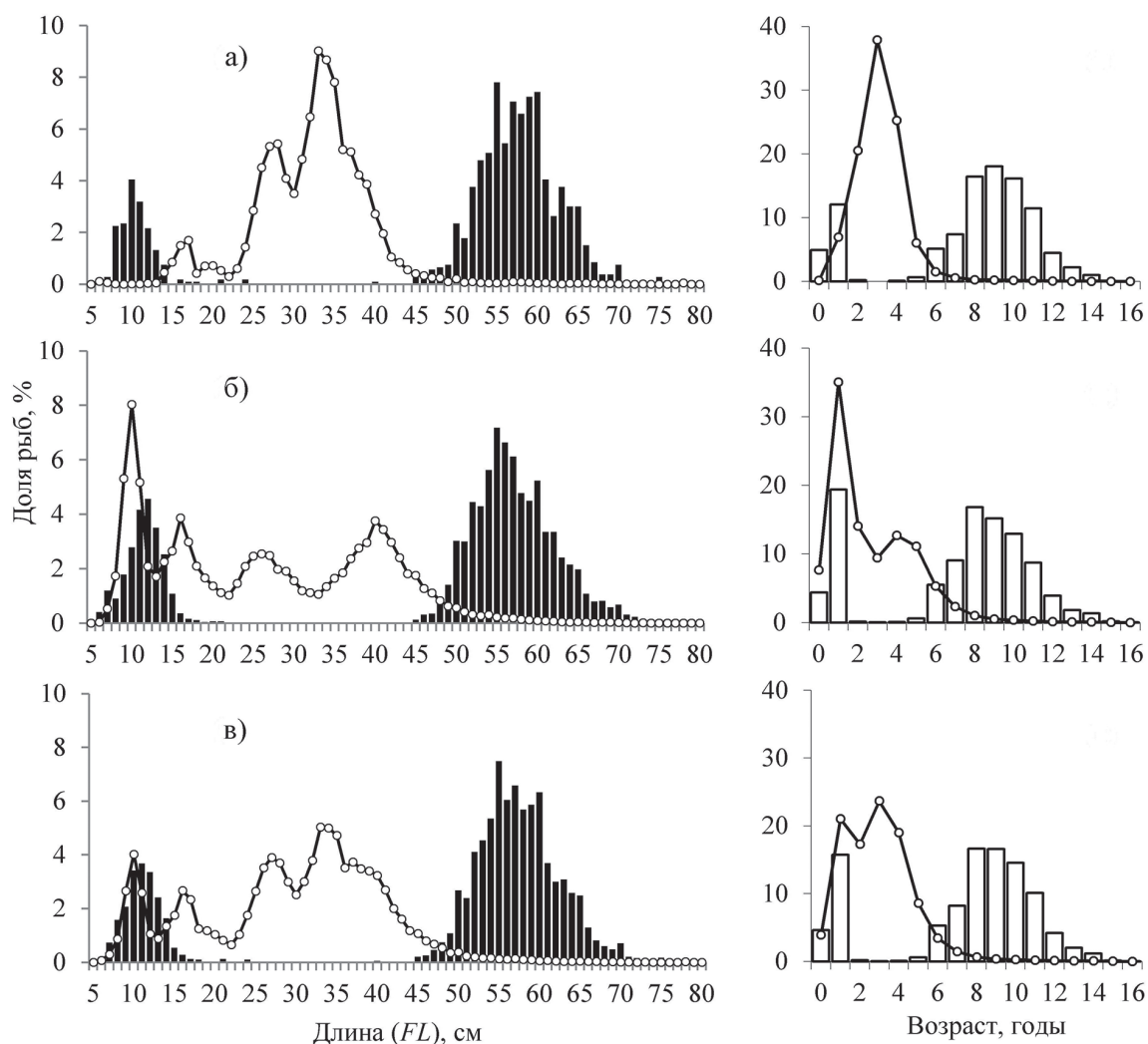


Рис. 7. Размерный и возрастной состав минтая в совокупных выборках из пелагических (а), донных (б) и смешанных (в) траловых уловов в российских водах Чукотского (■) и Берингова (□) морей в 1996–2020 гг.

Fig. 7. Size and age composition of walleye pollock in aggregate samples from pelagic (a), bottom (b) and mixed (c) trawl catches in Russian waters of the Chukchi (■) and Bering (□) seas in 1996–2020

Таблица 1. Длина, масса и соотношение полов у минтая в западной части Чукотского моря
Table 1. Length, weight and sex ratio of walleye pollock in the western part of the Chukchi Sea

Сроки работ (месяц, год)			08.2007	09.2008	09.2010	08–09.2018	08.2019	08–09.2020
Число рыб, экз.			40	3	1	174	391	905
Длина, см	Ювенильные	<i>M</i>	9,2	22,5	–	17,8	–	14,0
		min-max	7,5–11,1	21,0–24,0	–	10,0–23,8	–	9,8–21,4
	Самки	<i>M</i>	75,0	72,0	82,0	56,7	60,5	59,0
		min-max	–	–	–	25,3–73,5	47,0–80,0	45,7–78,9
	Самцы	<i>M</i>	–	–	–	55,8	57,8	55,2
		min-max	–	–	–	25,0–65,2	45,0–76,1	43,8–69,2
	Оба пола	<i>M</i>	75,0	72,0	82,0	56,5	59,8	57,7
		min-max	–	–	–	25,0–73,5	45,0–80,0	43,8–78,9
	Ювенильные	<i>M</i>	4,4	80,0	–	37,3	–	20,9
		min-max	1–8	60–100	–	6–97	–	5–67
Масса, г	Самки	<i>M</i>	2914	2132	4950	1403	1522	1523
		min-max	–	–	–	106–3030	120–3295	643–3538
	Самцы	<i>M</i>	–	–	–	1292	1381	1237
		min-max	–	–	–	97–1950	695–2100	498–2506
	Оба пола	<i>M</i>	2914	2132	4950	1370	1486	1428
		min-max	–	–	–	97–3030	120–3295	498–3538
	Соотношение самки: самцы		–	–	–	2,3 : 1,0	2,9 : 1,0	2,0 : 1,0

хорошо описывается уравнением $W = 0,004FL^{3,1335}$ ($r = 0,99$; $n = 606$ экз.).

В 2018–2019 гг. наибольшие приросты длины тела рыб на шельфе моря отмечались на 2-, 3-м годах жизни: соответственно по 8,0 и 3,9 см в год. Также довольно высокие темпы линейного роста отмечены на 8-м году жизни (3,7–4,8 см), далее снижаясь у сверхкрупных рыб длиной > 70 см в возрасте 13 лет и старше. Прирост по массе максимален у 8- и 10–11-годовалых особей: соответственно, по 240–250 и 237–521 г (табл. 2).

Результаты в целом подтверждают жизненную стратегию минтая, когда в первые два-три года для особей характерен наибольший линейный прирост с постепенным его снижением к семи годам. Это связано с периодом полового созревания, когда значительная часть энергии расходуется не на рост, как в первые три года жизни, а на созревание половых продуктов. В возрасте 8–9 лет спектр питания минтая значительно меняется, он переходит на питание преимущественно рыбными объектами, что, несомненно, способствует увеличению его линейного и весового прироста. При приближении к предельному возрасту все функции организма вида начинают работать для поддержания необходимого обмена веществ [Дат-

ский, 2016], при этом в пределах своего ареала минтай может достигать длины 91 см, массы 5,2 кг и возраста 28 лет [Eschmeyer et al., 1983; Munk, 2001; Датский, 2016]. Отметим также, что минтай, пойманный на шельфе Чукотского моря, по сравнению с рыбами северо-западной части Берингова моря, в возрасте менее 13 лет имел меньший темп прироста длины [Датский и др., 2022], что, вероятно, свидетельствует о менее благоприятных для него условиях обитания на северной периферии ареала.

Промысел. Установление ОДУ минтая в Чукотском море позволило Росрыболовству в мае 2021 г. провести аукцион по продаже долей квот вылова этого вида в данном водоёме. Уже в августе специализированный траловый промысел был впервые организован: согласно данным системы мониторинга добыча минтая осуществлялась в юго-западной части моря в период с 20 августа по 15 октября (57 суток) двумя судами – СРТМ «Мыс Орлова» и БМРТ «Юго-Восток», оснащёнными разноглубинными травами (рис. 8).

Среднетоннажное судно приступило к промыслу минтая 20 августа и в течение 20 суток выполнило 55 тралений в районе со средними координатами 68°20'–69°30' с. ш. и 171°00'–175°00' з. д. на глуби-

Таблица 2. Длина и масса минтая разного возраста в западной части Чукотского моря по данным 2018–2019 гг.
Table 2. Length and weight of walleye pollock of different ages in the western part of the Chukchi Sea according to 2018–2019 data

Возраст, годы	2018 г.					2019 г.				
	Длина, см		Масса, г		Число рыб, экз.	Длина, см		Масса, г		Число рыб, экз.
	М	min-max	М	min-max		М	min-max	М	min-max	
1	10,7	10–11	7	6–8	7	–	–	–	–	–
2	18,7	15–24	41	16–88	33	–	–	–	–	–
3	22,6	18–31	78	32–169	18	–	–	–	–	–
4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6	–	–	–	–	–	48,0	47–49	670	625–715	2
7	53,4	53–54	1128	1036–1220	2	50,8	48–54	939	692–1170	21
8	54,7	51–58	1215	886–1550	6	53,7	47–58	1068	695–1380	49
9	59,5	55–66	1467	1074–2026	20	57,4	51–62	1310	915–2100	75
10	60,1	55–65	1461	948–1920	19	59,9	52–66	1513	1085–2060	87
11	63,9	60–74	1982	1311–3030	8	63,4	55–70	1750	1200–2450	74
12	66,0	62–69	2311	1950–2613	4	66,4	59–72	1984	1440–2930	28
13	–	–	–	–	–	70,2	65–78	2155	1510–2835	12
14	–	–	–	–	–	71,9	67–80	2339	1730–3295	9
15	–	–	–	–	–	74,0	–	2135	–	1

нах 50–54 м. Суточный вылов изменялся от 2,6 до 69,0 т при средней величине 24,7 т. Далее промысловое судно продолжило промысел южнее на траверзе Колючинской губы и с. Энурмино. В течение 23 суток СРТМ «Мыс Орлова» выполнил в этом районе 53 траления над изобатами 47–51 м. Вылов минтая на судно-сутки на данном участке составлял 6,7–73,2 т, при среднем значении — 45,2 т, что практически в два раза выше уловов в северной акватории (рис. 8 а).

Крупнотоннажное судно приступило к промыслу в первой декаде сентября, выполнив 7 тралений над глубинами 50 м (рис. 8 б). При этом вылов минтая на судно-сутки был незначительным — 1,3–11,2 т. С 10 сентября БМРТ «Юго-Восток» сместился совместно с СРТМ «Мыс Орлова» в южном направлении в район с меньшими изобатами (39–50 м) и продолжил промысел на траверзе Колючинской губы и населённого пункта Энурмино. Как и у среднетоннажного судна, суточные уловы существенно увеличились: в течение 39 суток они изменялись от 8,5 до 136,5 т при среднем значении 65,5 т.

Динамика уловов на промысле минтая в Чукотском море обоими типами судов имела волнообразный характер с тремя выраженными максимумами (рис. 9). До начала первой декады сентября (03.09) вылов вида постепенно увеличивался до 75,3 т на су-

до-сутки, несмотря на то что на промысле было задействовано только одно среднетоннажное судно. Далее с 4 по 13 сентября наблюдалось снижение суточного улова — в среднем добывалось 21,5 т минтая. С 14 по 20 сентября отмечено очередное увеличение уловов до 120,8 т в сутки, что объясняется включением в промысел крупнотоннажной единицы флота. В начале третьей декады сентября вылов минтая двумя судами продолжил рост, и к середине первой декады октября достиг максимального значения за рассматриваемый период — 171,6 т. В дальнейшем намечилось постепенное снижение уловов до 15 октября, когда выделенные объёмы квот в рамках промышленного лова судами были выбраны, и промысел минтая завершился.

За весь период промысла минтая в российских водах Чукотского моря среднетоннажным судном поймано 1,546 тыс. т этой рыбы, крупнотоннажным — 2,588 тыс. т. Общий вылов минтая обоими судами составил 4,134 тыс. т или 11,1% от установленного на 2021 г. ОДУ в объёме 37,2 тыс. т. Промысловая обстановка на момент окончания лова была удовлетворительная, судовладелец предполагал и дальше осуществлять добычу, но организационные проблемы не позволили продолжить освоение утверждённых промышленных квот.

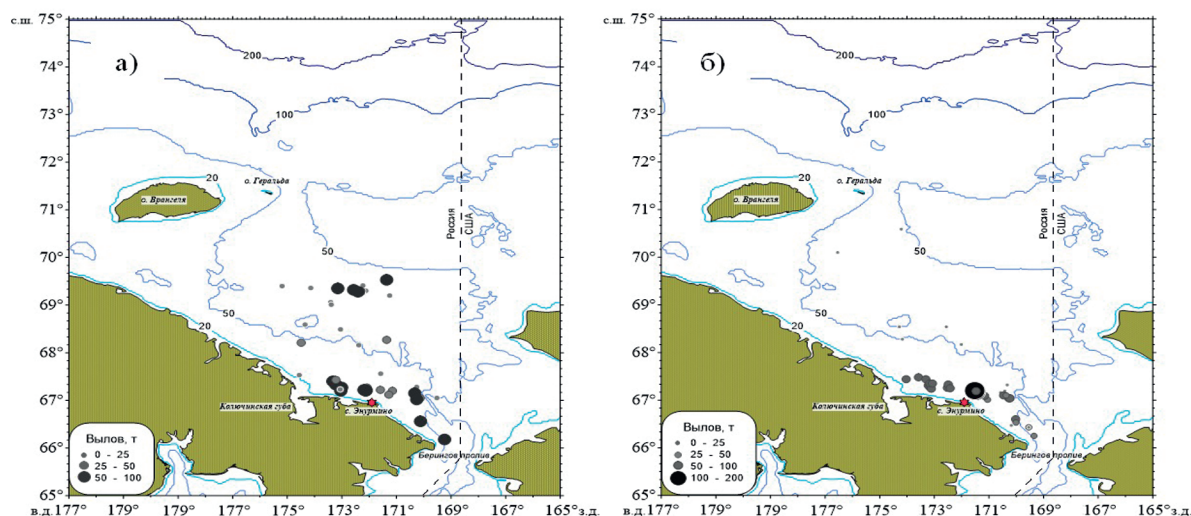


Рис. 8. Распределение промысловых уловов (т/судосутки) минтая среднетоннажным (а) и крупнотоннажным (б) флотом в Чукотском море в августе-октябре 2021 г.

Fig. 8. Distribution of commercial catches (t/day) of walleye pollock by medium-tonnage (a) and large-tonnage (b) fleets in the Chukchi Sea in August-October 2021

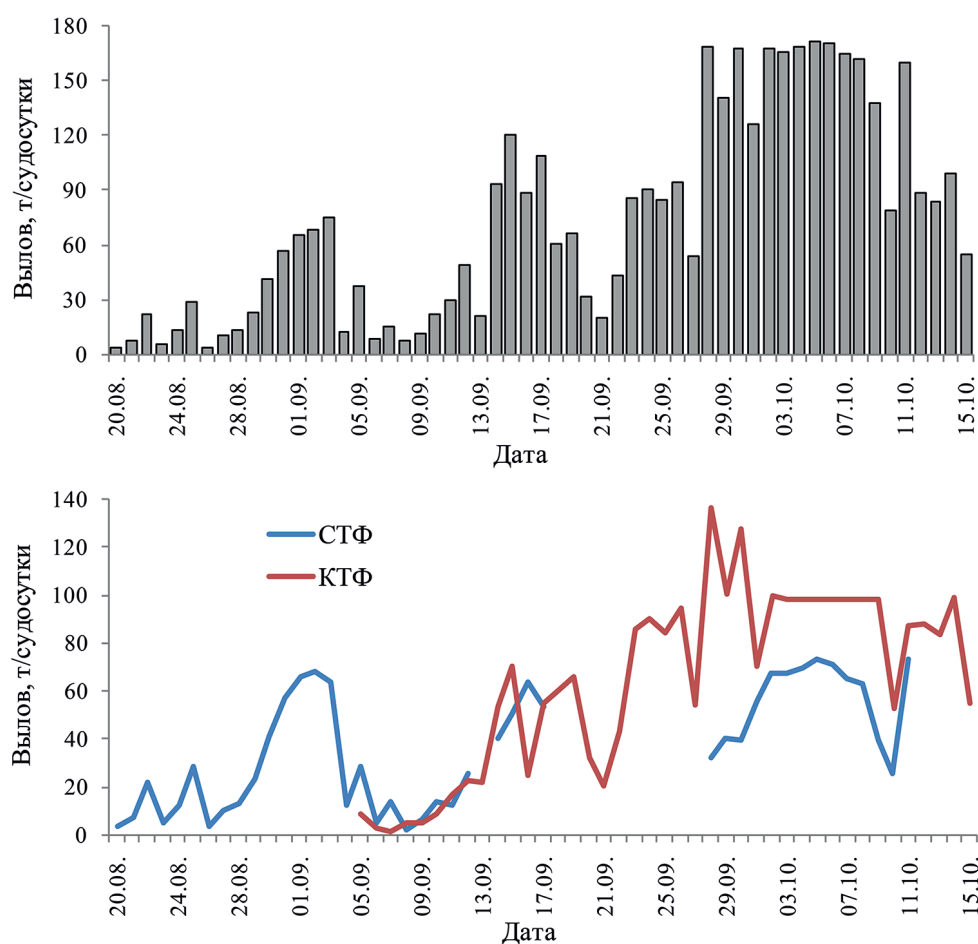


Рис. 9. Динамика промысловых уловов (т/судосутки) минтая в Чукотском море с 20 августа по 15 октября 2021 г.: а – суммарные уловы, б – уловы по типам судов

Fig. 9. Dynamics of commercial catches (tons/day) of walleye pollock in the Chukchi Sea from August 20 to October 15, 2021: а – total catches, б – catches by types of vessels

Помимо промышленного лова, 22–24 октября 2021 г. в бух. Натаканэльгын у м. Нэттэн вблизи национального села Энурмино на глубинах 3–5 м также осуществлялся лов минтая местными жителями (рис. 10). Район такого лова находился в непосредственной близости от мест наибольшей локализации работавших в этой части моря в сентябре рыбопромысловых судов (рис. 8), вследствие чего можно сделать вывод о присутствии рыб на значительной части чукотского шельфа вплоть до приливно-отливной зоны. Непосредственно с охотничьей наблюдатель-

ной площадки, обустроенной на скалистом берегу, 22 октября была сделана попытка поймать минтая на спиннинг, оснащённый катушкой с леской 0,4 мм, одной разноцветной металлической блесной длиной 110 мм с крючком-тройником с расстоянием между цевьем и жалом 25 мм. В результате было поймано всего несколько экземпляров. Далее 23–24 октября добычу минтая осуществляли ставными сетями длиной 20 м и высотой стенки 2 м с шагом ячеи 45 мм и с толщиной лески 0,5 мм. Именно 23 октября по одной из сетей определили улов на усилие и его состав.



Рис. 10. Местный промысел минтая в северо-восточной части бух. Натаканэльгын у м. Нэттэн (вблизи с. Энурмино, арктическое побережье Чукотского автономного округа) 23–24 октября 2021 г.: а — акватория у м. Нэттэн, б — район лова, в — скопления минтая в толще воды (вид сверху, увеличено и окрашено для улучшения изображения), г — выборка рыб из сети, д — улов, е — гонады двух рыб на III стадии зрелости (у остальных пойманных рыб II стадия)

Fig. 10. Local walleye pollock fishing in the northeastern part of Natakanelgyn Bay near Cape Netten (near the village of Enurmino, Arctic coast of the Chukotka Autonomous Okrug) on October 23–24, 2021: а — water area near Cape Netten, б — fishing area, в — accumulations of walleye pollock in the water column (top view, enlarged and colored to enhance image), г — sample of fish from the net, д — catch, е — gonads of two fish at maturity stage III (other caught fish have stage II)

За пять часов (с 09 до 14 часов местного времени) с одной стационарно установленной сети за несколько переборок было выбрано 96 экземпляров минтая и 2 чавычи, что по массе составило, соответственно, 121,9 и 10,9 кг. Пойманный минтай был употреблён в пищу местными жителями, также частично его использовали как дополнительный прикорм для собак.

В целом, своими значительными запасами в 2018–2021 гг. в российской акватории Чукотского моря минтай не только расширяет и увеличивает кормовую базу для отдельных видов морских млекопитающих в этой части моря, но и представляет ценный ресурс как для промышленного и прибрежного рыболовства, так и для любительского рыболовства, а также рыболовства в целях обеспечения ведения традиционного образа жизни и осуществления традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Севера. С учётом того, что минтай является новым объектом промысла для местных пользователей, для двух последних видов рыболовства необходимо предусмотреть определённые процедуры, позволяющие жителям, проживающим в посёлках арктического побережья Чукотского АО, изымать минтай в необходимых для их потребления объёмах. Не исключено также создание в местах традиционных проживания и хозяйственной деятельности местных жителей цехов по первичной и глубокой переработке продукции рыболовства, формирование новых рабочих мест и содействие формированию рынка сбыта продукции традиционных видов хозяйственной деятельности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Среди морей восточного сектора Арктики Чукотское море выделяется своим расположением, благодаря которому в пределах его акватории происходит смешивание холодных арктических и тёплых беринговоморских водных масс. Подобное явление способствует формированию уникальной структурно-функциональной организации экосистемы и повышенной биопродуктивности бентосных и планктонных сообществ в юго-западной части моря, что в целом должно содействовать присутствию здесь нагульных скоплений морских рыб, мигрирующих из смежного Берингова моря через Берингов пролив. Однако исследования, проведённые в Чукотском море до 2018 г., обнаруживали в этом водоёме сосредоточение только сайки, значительные колебания численности и невысокая рыночная стоимость которой не благоприятствовали организации промысла.

Потепление климата во второй половине 2010-х гг. привело к появлению в Чукотском море

скоплений половозрелого минтая с доминирующей длиной тела 50–65 см. С 2018 по 2021 гг. концентрации рыб были относительно стабильными, локализуясь на шельфе с глубинами 40–80 м. Промысловая биомасса минтая при этом достигала 380 тыс. т, что позволило организовать его добычу в 2021 г., когда в рамках промышленного рыболовства было выловлено более 4 тыс. т. В этом же году локальный береговой промысел на арктическом побережье Чукотского АО показал перспективность добычи минтая и в рамках любительского рыболовства, а также рыболовства в целях обеспечения ведения традиционного образа жизни и осуществления традиционной хозяйственной деятельности коренных малочисленных народов Севера.

В целом Чукотское море — наиболее благоприятный район для изучения изменчивости организации арктических экосистем, обусловленных нестабильностью климатических условий на Земле в период потепления. Полученные результаты исследований по особенностям распределения, биологии, запасам и промыслу такого массового вида-индикатора как минтай позволят повысить эффективность использования сырьевой базы морских рыб данного водоёма.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают признательность сотрудникам Тихоокеанского, Камчатского, Полярного филиалов и Центрального аппарата (ЦА) ВНИРО, принимавшим участие в научно-исследовательских работах в Чукотском море в 1995–2020 гг. Особенно хотелось бы выделить сотрудников ЦА ФГБНУ «ВНИРО» Е.В. Ведищеву и А.О. Трофимову за помощь в обработке материалов экспедиционных сборов минтая.

Отдельно выражаем благодарность Департаменту сельского хозяйства и продовольствия Чукотского АО за оказанное содействие в проведении НИР на арктическом побережье Чукотского полуострова у с. Энурмино. Также мы признательны охотникам-промысловикам (морзверобоям) филиала № 2 национального берегового с. Энурмино территориально-соседской общины коренных малочисленных народов Чукотки «Дауркин» А.О. Тымкырольтыргину и К.М. Нетет за помощь в сборе материала по береговому промыслу минтая в вышеуказанном районе.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках Госзадания ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО») и его Чукотского отдела.

ЛИТЕРАТУРА

- Антонов Н.П., Датский А.В. 2019. Использование сырьевой базы морских рыб в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне в 2018 г. // Рыбное хозяйство. № 3. С. 66–76.
- Борец Л.А. 1997. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. Владивосток: ТИНРО–Центр. 217 с.
- Буслов А.В. 2005. Рост минтая и размерно-возрастная структура его популяций. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. 224 с.
- Виркетис М.А. 1952. Зоопланктон Чукотского моря и Берингова пролива // Крайний Северо-Восток Союза ССР. Т. 2. Фауна и флора Чукотского моря. М.: Изд-во АН СССР. С. 323–335.
- Гептнер В.Г. 1976. Ластоногие и зубатые киты. Млекопитающие Советского союза. М.: Высшая школа. Том II. Часть 3. 718 с.
- Гордеев В.Д. 1949. Состояние и перспективы тралового промысла на Дальнем Востоке // Известия ТИНРО. Т. 41. С. 3–33.
- Датский А.В. 2016. Особенности биологии массовых рыб в Олюторско-Наваринском районе и прилегающих водах Берингова моря. 1. Семейство Тресковые (Gadidae) // Вопросы ихтиологии. Т. 56. № 6. С. 705–725. <https://doi.org/10.7868/50042875216050039>
- Датский А.В. 2019. Сырьевая база рыболовства и ее использование в российских водах Берингова моря. Сообщение 2. Межгодовая динамика прогнозируемого и фактического вылова водных биологических ресурсов на современном этапе и в исторической перспективе // Труды ВНИРО. Т. 177. С. 70–122.
- Датский А.В., Андронов П.Ю. 2007. Ихтиоцен верхнего шельфа северо-западной части Берингова моря. Магадан: СВНЦ ДВО РАН. 261 с.
- Датский А.В., Ведищева Е.В., Трофимова А.О. 2022. Особенности биологии массовых рыб в российских водах Чукотского моря. 1. Промысловая биомасса рыб. Семейство тресковые Gadidae // Вопросы ихтиологии. Т. 62, № 4. С. 387–412.
- Думанская И.О. 2017. Ледовые условия морей азиатской части России. М.: Обнинск: ИГ-СОЦИН. 640 с.
- Касьян В.В., Чавтур В.Г. 2017. История изучения зоопланктона в Чукотском море и прилегающих водах Арктики // Вестник ДВО РАН. № 2. С. 106–114.
- Кузнецова Н.А., Горбатенко К.М. 2021. Питание сайки, минтая и других пелагических рыб и их пищевая обеспеченность в Чукотском море в августе-сентябре 2019 г. // Известия ТИНРО. Т. 201, вып. 4. С. 765–783.
- Кустов Э.Д. 1968. География рыбной промышленности. М.: Пищ. пром-ть. 200 с.
- Литовка Д.И. 2020. Анадырская белуха. Анадырь: ДПРИЭ ЧАО. 256 с.
- Мельников В.В. 2001. Полевой определитель видов морских млекопитающих для тихоокеанских вод России. Владивосток: Дальнаука. 110 с.
- Моисеев П.А. 1953. Треска и камбалы дальневосточных морей // Известия ТИНРО. Т. 40. 287 с.
- Моисеев П.А. 1964. Некоторые итоги исследований Берингово-морской научно-промысловой экспедиции // Труды ВНИРО. Т. 53, вып. 3. С. 7–29.
- Новиков Н.П. 1974. Промысловые рыбы материкового склона северной части Тихого океана. М.: Пищ. пром-ть. 308 с.
- Плотников В.В., Вакульская Н.М., Мезенцева Л.И., Дубина В.А., Пустошнова В.И. 2020. Изменчивость ледовых условий в Чукотском море и их связь с арктической осцилляцией // Известия ТИНРО. Т. 200. № 1. С. 155–167. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2020-200-155-167>
- Полутов И.А. 1960. Морские промысловые рыбы Камчатки. М.: Рыбное хозяйство. 32 с.
- Расс Т.С. 1955. Новые районы и новые объекты рыбного промысла в дальневосточных морях // Вопросы ихтиологии. Вып. 4. С. 71–81.
- Слабинский А.М., Фигуркин А.Л. 2014. Структура планктонного сообщества южной части Чукотского моря в летний период // Известия ТИНРО. Т. 178. С. 135–147.
- Слепцов М.М. 1955. Горбач, или длиннорукий кит (*Megaptera nodosa* Bonnaterre) // Труды ИО АН СССР. Т. 14. С. 94–95.
- Степаненко М.А. 1997. Межгодовая изменчивость пространственной дифференциации минтая *Theragra chalcogramma* и трески *Gadus macrocephalus* Берингова моря // Вопросы ихтиологии. Т. 37. № 1. С. 19–26.
- Степаненко М.А., Грицай Е.В. 2016. Состояние ресурсов, пространственная дифференциация и воспроизводство минтая в северной и восточной частях Берингова моря // Известия ТИНРО. Т. 185. С. 16–30. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2016-185-16-30>
- Степаненко М.А., Грицай Е.В. 2018. Межгодовая изменчивость экологических условий и пространственная дифференциация минтая в Беринговом море // Труды ВНИРО. Т. 174. С. 6–20.
- Шунтов В.П. 1985. Биологические ресурсы Охотского моря. М.: Агропромиздат. 224 с.
- Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. 426 с.
- Andrews A.G. III, Strasburger W.W., Farley E.V. Jr. et al. 2016. Effects of warm and cold climate conditions on capelin (*Mallotus villosus*) and Pacific herring (*Clupea pallasii*) in the eastern Bering Sea // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 134. P. 235–246. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2015.10.008>
- Baker M.R. 2021. Contrast of warm and cold phases in the Bering Sea to understand spatial distributions of Arctic and sub-Arctic gadids // Polar Biol. V. 44. P. 1083–1105. <https://doi.org/10.1007/s00300-021-02856-x>
- Baker M.R., Kivva K.K., Pisareva M.N., Watson J.T., Selivanova J. 2020. Shifts in the physical environment in the Pacific Arctic and implications for ecological timing and conditions // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 177. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104802>
- Basuyuk E., Zuenko Y. 2020. Extreme oceanographic conditions in the northwestern Bering Sea in 2017–2018 // Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr. V. 181–182. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104909>
- Carvalho K.S., Smith T.E., Wang S. 2021. Bering Sea marine heatwaves: Patterns, trends and connections with the Arctic // J. Hydrol. V. 600. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126462>

REFERENCES

- Danielson S.L., Ahkinga O., Ashjian C., Basyuk E., Cooper L.W., Eisner L., Farley E., Iken K.B., Grebmeier J.M., Juranek L., Khen G., Jayne S.R., Kikuchi T., Ladd C., Lu K., McCabe R.M., Moore G.W.K., Nishino S., Weingartner T.J. 2020. Manifestation and consequences of warming and altered heat fluxes over the Bering and Chukchi Sea continental shelves // *Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr.* V. 177. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104781>
- Datsky A.V. 2015. Fish fauna of the Chukchi Sea and perspectives of its commercial use // *J. of Ichthyology.* V. 55. Is. 2. P. 185–209.
- Eisner L.B., Zuenko Y.I., Basyuk E.O., Britt L.L., Duffy-Anderson J.T., Kotwicki S., Ladd C., Cheng W. 2020. Environmental impacts on walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) distribution across the Bering Sea shelf // *Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr.* V. 181–182. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104881>
- Ershova E.A., Hopcroft R.R., Kosobokova K.N., Matsuno K., Nelson R.J., Yamaguchi A., Eisner L.B. 2015. Longterm changes in summer zooplankton communities of the western Chukchi Sea, 1945–2012 // *Oceanography.* V. 28 (3). P. 100–115.
- Eschmeyer W.N., Herald E.S., Hammann H. 1983. A field guide to Pacific coast fishes of North America. Boston: Houghton Mifflin Company. 336 p.
- Fey D.P., Weslawski J.M. 2017. Age, growth rate, and otolith growth of polar cod (*Boreogadus saida*) in two fjords of Svalbard, Kongsfjorden and Rijpfjorden // *Oceanologia.* V. 59. № 4. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2017.03.011>
- Matsuno K., Yamaguchi A., Hirawake T., Imai I. 2011. Year-to-year changes of the mesozooplankton community in the Chukchi Sea during summers of 1991, 1992 and 2007, 2008 // *Polar Biol.* V. 34. P. 349–1360.
- Munk K.M. 2001. Maximum ages of groundfishes in waters off Alaska and British Columbia and consideration of age determination // *Alaska Fish. Res. Bull.* V. 8. № 1. P. 12–21.
- Nishio S., Sasaki H., Waga H., Yamamura O. 2020. Effects of the timing of sea ice retreat on demersal fish assemblages in the northern Bering and Chukchi Seas // *Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr.* V. 181–182. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104910>
- Orlov A.M., Rybakov M.O., Vedishcheva E.V., Volkov A.A., Orlova S. Yu. 2021. Walleye pollock *Gadus chalcogrammus*, a species with continuous range from the Norwegian Sea to Korea, Japan, and California: new records from the Siberian Arctic // *J. Mar. Sci. Eng.* V. 9. № 10. <https://doi.org/10.3390/jmse9101141>
- Siddon E.C., Zador S.G., Hunt G.L. Jr. 2020. Ecological responses to climate perturbations and minimal sea ice in the northern Bering Sea // *Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr.* V. 181–182. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104914>
- Vasilets P.M. 2015. FMS analyst – computer program for processing data from Russian Fishery Monitoring System. doi:10.13140/RG.2.1.5186.0962.
- Wolotira R.J. Jr., Sample T.M., Morin M. Jr. 1977. Demersal fish and shelf fish resources of Norton Sound, the southeastern Chukchi Sea, and adjacent waters in the Baseline year 1976. Seattle: NMFS. 292 p.
- Yasumiishi E.M., Cieciel K., Andrews A.G., Murphy J., Dimon J.A. 2020. Climate-related changes in the biomass and distribution of small pelagic fishes in the eastern Bering Sea during late summer, 2002–2018 // *Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr.* V. 181–182. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104907>
- Antonov N.P., Datsky A.V. 2019. Use of the raw material base of marine fish in the Far Eastern fishery basin in 2018 // *Fisheries.* № 3. P. 66–76. (In Russ.).
- Boretz L.A. 1997. Bottom ichthyofaunas of the Russian shelf of the Far Eastern seas: composition, structure, functional elements and commercial value. Vladivostok: TINRO–center. 217 p. (In Russ.).
- Buslov A.V. 2005. Pollock growth and size-age structure of its populations. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO Publish. 224 p. (In Russ.).
- Virketis M.A. 1952. Zooplankton of the Chukchi Sea and the Bering Strait // *Far Northeast of the USSR. T. 2. Fauna and flora of the Chukchi Sea.* M.: Publish House of the AS USSR. P. 323–335. (In Russ.).
- Geptner V.G. 1976. Pinnipeds and toothed whales. Mammals of the Soviet Union. M.: Higher school. V. II. P. 3. 718 p. (In Russ.).
- Gordeev V.D. 1949. Status and prospects of trawl fishing in the Far East // *Izvestiya TINRO.* V. 41. P. 3–33. (In Russ.).
- Datsky A.V. 2016. Features of the biology of mass fish in the Olyutorsko-Navarinsk region and adjacent waters of the Bering Sea. 1. Cod family (Gadidae) // *Problems of ichthyology.* V. 56. № 6. P. 705–725. <https://doi.org/10.7868/S0042875216050039> (In Russ.).
- Datsky A.V. 2019. Raw material base of fishery and its use in Russian waters of the Bering Sea. Message 2. Interannual dynamics of the predicted and actual catch of aquatic biological resources at the present stage and in the historical perspective // *Trudy VNIRO.* V. 177. P. 70–122. (In Russ.).
- Datsky A.V., Andronov P. Yu. 2007. Ichthyofauna of the upper shelf of the northwestern part of the Bering Sea. Magadan: SVNTs FEB RAS. 261 p. (In Russ.).
- Datsky A.V., Vedishcheva E.V., Trofimova A.O. 2022. Features of the biology of mass fish in the Russian waters of the Chukchi Sea. 1. Commercial fish biomass. Cod family Gadidae // *Problems of ichthyology.* V. 62. № 4. P. 387–412. (In Russ.).
- Dumanskaya I.O. 2017. Ice conditions of the seas of the Asian part of Russia. M.: Obninsk: IG-SOTSIN. 640 p. (In Russ.).
- Kasyan V.V., Chavtur V.G. 2017. History of the study of zooplankton in the Chukchi Sea and adjacent waters of the Arctic // *Bulletin of the FEB RAS.* № 2. P. 106–114. (In Russ.).
- Kuznetsova N.A., Gorbatenko K.M. 2021. Feeding of polar cod, pollock and other pelagic fish and their food supply in the Chukchi Sea in August–September 2019 // *Izvestiya TINRO.* V. 201, № 4. P. 765–783. (In Russ.).
- Kustov E.D. 1968. Geography of the fishing industry. M.: Pishch. prom. 200 p. (In Russ.).
- Litovka D.I. 2020. Anadyr white whale. Anadyr: DPR&E ChAO. 256 p. (In Russ.).
- Melnikov V.V. 2001. Field guide to marine mammal species for Russian Pacific waters. Vladivostok: Dalnauka. 110 s. (In Russ.).
- Moiseev P.A. 1953. Cod and flounders of the Far Eastern seas // *Izvestiya TINRO.* T. 40. 287 p. (In Russ.).
- Moiseev P.A. 1964. Some results of the research of the Bering Sea Scientific and Commercial Expedition // *Trudy VNIRO.* V. 53, № 3. P. 7–29. (In Russ.).
- Novikov N.P. 1974. Commercial fishes of the continental slope of the northern part of the Pacific Ocean. M.: Pishch. prom. 308 p. (In Russ.).

- Plotnikov V.V., Vakulskaya N.M., Mezentsseva L.I., Dubina V.A., Pustoshnova V.I. 2020. Variability of ice conditions in the Chukchi Sea and their connection with the Arctic oscillation // *Izvestiya TINRO*. V. 200. № 1. P. 155–167. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2020-200-155-167> (In Russ.).
- Polutov I.A. 1960. Marine commercial fish of Kamchatka. Moscow: Fisheries. 32 p. (In Russ.).
- Russ T.S. 1955. New areas and new objects of fishery in the Far Eastern seas // *Questions of ichthyology*. Is. 4. P. 71–81. (In Russ.).
- Slabinsky A.M., Figurkin A.L. 2014. Structure of the plankton community in the southern part of the Chukchi Sea in summer // *Izvestiya TINRO*. V. 178. P. 135–147. (In Russ.).
- Sleptsov M.M. 1955. Humpback whale, or long-armed whale (*Megaptera nodosa* Bonnaterre) // *Proceedings of the IO AS USSR*. V. 14. C. 94–95. (In Russ.).
- Stepanenko M.A. 1997. Interannual variability of spatial differentiation of pollock *Theragra chalcogramma* and cod *Gadus macrocephalus* of the Bering Sea // *Problems of Ichthyology*. V. 37. № 1. P. 19–26. (In Russ.).
- Stepanenko M.A., Gritsai E.V. 2016. State of resources, spatial differentiation and reproduction of walleye pollock in the northern and eastern parts of the Bering Sea // *Izvestiya TINRO*. V. 185. P. 16–30. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2016-185-16-30> (In Russ.).
- Stepanenko M.A., Gritsai E.V. 2018. Interannual variability of environmental conditions and spatial differentiation of walleye pollock in the Bering Sea // *Trudy VNIRO*. V. 174. P. 6–20. (In Russ.).
- Shuntov V.P. 1985. Biological resources of the Sea of Okhotsk. Moscow: Agropromizdat. 224 p. (In Russ.).
- Shuntov V.P., Volkov A.F., Temnykh O.S., Dulepova E.P. 1993. Pollock in the ecosystems of the Far Eastern seas. Vladivostok: TINRO. 426 p. (In Russ.).
- Andrews A.G. III, Strasburger W.W., Farley E.V. Jr. et al. 2016. Effects of warm and cold climate conditions on capelin (*Mallotus villosus*) and Pacific herring (*Clupea pallasii*) in the eastern Bering Sea // *Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr.* V. 134. P. 235–246. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2015.10.008>
- Baker M.R. 2021. Contrast of warm and cold phases in the Bering Sea to understand spatial distributions of Arctic and sub-Arctic gadids // *Polar Biol.* V. 44. P. 1083–1105. <https://doi.org/10.1007/s00300-021-02856-x>
- Baker M.R., Kivva K.K., Pisareva M.N., Watson J.T., Selivanova J. 2020. Shifts in the physical environment in the Pacific Arctic and implications for ecological timing and conditions // *Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr.* V. 177. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104802>
- Basyuk E., Zuenko Y. 2020. Extreme oceanographic conditions in the northwestern Bering Sea in 2017–2018 // *Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr.* V. 181–182. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104909>
- Carvalho K.S., Smith T.E., Wang S. 2021. Bering Sea marine heatwaves: Patterns, trends and connections with the Arctic // *J. Hydrol.* V. 600. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126462>
- Danielson S.L., Ahkinga O., Ashjian C., Basyuk E., Cooper L.W., Eisner L., Farley E., Iken K.B., Grebmeier J.M., Juranek L., Khen G., Jayne S.R., Kikuchi T., Ladd C., Lu K., McCabe R.M., Moore G.W.K., Nishino S., Weingartner T.J. 2020. Manifestation and consequences of warming and altered heat fluxes over the Bering and Chukchi Sea continental shelves // *Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr.* V. 177. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104781>
- Datsky A.V. 2015. Fish fauna of the Chukchi Sea and perspectives of its commercial use // *J. of Ichthyology*. V. 55. Is. 2. P. 185–209.
- Eisner L.B., Zuenko Y.I., Basyuk E.O., Britt L.L., Duffy-Anderson J.T., Kotwicki S., Ladd C., Cheng W. 2020. Environmental impacts on walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) distribution across the Bering Sea shelf // *Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr.* V. 181–182. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104881>
- Ershova E.A., Hopcroft R.R., Kosobokova K.N., Matsuno K., Nelson R.J., Yamaguchi A., Eisner L.B. 2015. Longterm changes in summer zooplankton communities of the western Chukchi Sea, 1945–2012 // *Oceanography*. V. 28 (3). P. 100–115.
- Eschmeyer W.N., Herald E.S., Hammann H. 1983. A field guide to Pacific coast fishes of North America. Boston: Houghton Mifflin Company. 336 p.
- Fey D.P., Weslawski J.M. 2017. Age, growth rate, and otolith growth of polar cod (*Boreogadus saida*) in two fjords of Svalbard, Kongsfjorden and Rijpfjorden // *Oceanologia*. V. 59. № 4. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2017.03.011>
- Matsuno K., Yamaguchi A., Hirawake T., Imai I. 2011. Year-to-year changes of the mesozooplankton community in the Chukchi Sea during summers of 1991, 1992 and 2007, 2008 // *Polar Biol.* V. 34. P. 349–360.
- Munk K.M. 2001. Maximum ages of groundfishes in waters off Alaska and British Columbia and consideration of age determination // *Alaska Fish. Res. Bull.* V. 8. № 1. P. 12–21.
- Nishio S., Sasaki H., Waga H., Yamamura O. 2020. Effects of the timing of sea ice retreat on demersal fish assemblages in the northern Bering and Chukchi Seas // *Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr.* V. 181–182. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104910>
- Orlov A.M., Rybakov M.O., Vedishcheva E.V., Volkov A.A., Orlova S. Yu. 2021. Walleye pollock *Gadus chalcogrammus*, a species with continuous range from the Norwegian Sea to Korea, Japan, and California: new records from the Siberian Arctic // *J. Mar. Sci. Eng.* V. 9. № 10. <https://doi.org/10.3390/jmse9101141>
- Siddon E.C., Zador S.G., Hunt G.L. Jr. 2020. Ecological responses to climate perturbations and minimal sea ice in the northern Bering Sea // *Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr.* V. 181–182. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104914>
- Vasilets P.M. 2015. FMS analyst — computer program for processing data from Russian Fishery Monitoring System. doi:10.13140/RG.2.1.5186.0962.
- Wolotira R.J. Jr., Sample T.M., Morin M. Jr. 1977. Demersal fish and shelf fish resources of Norton Sound, the southeastern Chukchi Sea, and adjacent waters in the Baseline year 1976. Seattle: NMFS. 292 p.
- Yasumiishi E.M., Cieciel K., Andrews A.G., Murphy J., Dimon J.A. 2020. Climate-related changes in the biomass and distribution of small pelagic fishes in the eastern Bering Sea during late summer, 2002–2018 // *Deep-Sea Res. II: Top. Stud. Oceanogr.* V. 181–182. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2020.104907>

Поступила в редакцию 15.09.2022 г.
Принята после рецензии 11.10.2022 г.



Промысловые виды и их биология

Популяционная структура минтая азиатской части ареала на основании данных различных генетических маркёров

С.Ю. Орлова¹, А.А. Сергеев¹, Д.С. Курносов², Е.С. Бочарова³, О.Р. Емельянова¹, Е.А. Чикурова¹, А.М. Орлов^{4,5}, М.К. Глубоковский¹

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

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

³ Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН (ФГБН «ИБР РАН»), ул. Вавилова, 26, Москва, 119334

⁴ Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ФГБН «ИО РАН»), Нахимовский проспект, 36, Москва, 117218

⁵ Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (ФГБН «ИПЭЭ РАН»), Ленинский проспект, 33, Москва, 119071

E-mail: glubokovsky@mail.ru

Цель: Проведение филогеографического анализа взаимосвязи популяционных группировок минтая *Gadus chalcogrammus* азиатской части ареала.

Метод: Филогенетический анализ проведён на основании данных полиморфизма микросателлитных маркёров, фрагмента контрольного региона мтДНК (*D-loop*) и фрагмента гена цитохрома *b* мтДНК.

Новизна: Комплексный филогеографический анализ с использованием выборок нерестового минтая с большей части азиатской половины ареала от Японского моря до северо-западной части Берингова моря с использованием различных генетических маркёров проведён впервые.

Результаты: Анализ изменчивости выборок минтая по митохондриальным маркёрам (фрагменты гена цитохрома *b* и *D-loop*) позволяет в пределах азиатской части его ареала выделить две крупные популяционные группировки: первая в Охотском море, Японском море, водах Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки, вторая – в Беринговом и Чукотском морях. Анализ изменчивости выборок минтая по микросателлитным маркёрам позволяет судить об отсутствии популяционных группировок в водах Охотского, Японского морей, Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки.

Практическая значимость: При регулировании рыболовства минтая в российских водах следует устанавливать единый общий допустимый улов (ОДУ) для каждой из двух суперпопуляций: охотоморско-япономорской и берингоморской, при этом объединяя объёмы прогнозируемого вылова для группировок минтая, относящихся к каждой из названных суперпопуляций.

Ключевые слова: минтай *Gadus chalcogrammus*, контрольный регион мтДНК (*D-loop*), микросателлитные локусы, цитхром *b*, генетическая изменчивость, популяционная структура, регулирование рыболовства.

Population structure of walleye pollock within the Asian part of the range based on the analysis of various genetic markers

Svetlana Yu. Orlova¹, Aleksey A. Sergeev¹, Denis S. Kurnosov², Ekaterina S. Bocharova³, Olga R. Emelianova¹, Evgeniya A. Chikurova¹, Alexei M. Orlov^{4,5}, Mikhail K. Glubokovsky¹

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

² Pacific Branch of «VNIRO» («TINRO»), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia

³ Koltzov Institute of Developmental Biology of the Russian Academy of Sciences («IBR RAS»), 26, Vavilova St., Moscow, 119334, Russia

⁴ Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences («IO RAS»), 36, Nakhimova Prospekt, Moscow, 117218, Russia

⁵ A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences («IPEE RAS»), 33, Leninsky Prospekt, Moscow, 119071, Russia

The aim: The aim of this work is focused on a phylogeographic analysis of the relationship between the population groups of walleye pollock *Gadus chalcogrammus* of the Asian part of the range.

The methods: The analysis of phylogeographic analysis is based on the data of polymorphism of microsatellite markers, a fragment of the mtDNA control region (*D-loop*) and a fragment of the mtDNA cytochrome *b* gene.

The newness: A comprehensive phylogeographic analysis using samples of spawning walleye pollock individuals from most of the Asian part of the range from the Sea of Japan to the northwestern Bering Sea using various genetic markers was carried out for the first time.

The results: The results of the analysis of the variability of walleye pollock samples by mitochondrial markers (fragments of the cytochrome *b* and *D-loop* genes) allow us to distinguish two large population groupings within the Asian part of its range: the first one in the Sea of Okhotsk, the Sea of Japan, the waters of the Kuril Islands and southeastern Kamchatka and the second one in the Bering and Chukchi seas. Analysis of the variability of walleye pollock samples by microsatellite markers allows us to judge the absence of population groupings in the waters of the Sea of Okhotsk, the Sea of Japan, off the Kuril Islands and southeastern Kamchatka.

The practical significance: When regulating pollock fishing in the Russian waters, it is necessary to establish a single total allowable catch (TAC) for each of the two superpopulations: the Sea of Okhotsk — Sea of Japan (1) and the Bering Sea (2) combining the sizes of proposed catch for walleye pollock groups belonging to each of these superpopulations.

Keywords: walleye Pollock *Gadus chalcogrammus*, control region mtDNA (*D-loop*), microsatellite loci, *Cyt b*, genetic variability, population structure, regulation of fishing.

ВВЕДЕНИЕ

Минтай *Gadus chalcogrammus* Pallas, 1811 — наиболее массовый бенто-пелагический вид Северной Пацифики [Шунтов и др., 1993; Bailey, 1999]. Его ареал простирается от Чукотского моря на севере до вод Кореи, Японии и Калифорнии на юге [Балыкин, 1986; Орлов и др., 2020]. Известны также единичные находки минтая в Северной Атлантике и Арктике — морях Норвежском, Баренцевом, Карском и Лаптевых [Mecklenburg et al., 2018; Махров, Лайус, 2018; Orlov et al., 2020]. Минтай является ценным промысловым видом и занимает по объёму вылова лидирующее положение как в северной части Тихого океана, так и в целом в российском рыболовстве [Фадеев, Веспестад, 2001; Bulatov, 2014; Шевченко, Датский, 2014; Булатов, 2015]. Кроме того, минтай играет важную роль в экосистемах дальневосточных морей, участвуя в различных трофических цепях от беспозвоночных до рыб, морских млекопитающих и птиц [Шунтов и др., 1993; Livingston, 1993; Bailey, 1999].

Несмотря на интенсивную в течение десятилетий промысловую эксплуатацию запасов минтая различными странами, его внутривидовая структура остаётся недостаточно изученной. Исследование внутривидовой организации минтая, как и других широкоареальных морских видов рыб, молекулярно-генетическими методами затруднено из-за отсутствия физических границ группировок в море и сложности одновременного сбора выборок в пределах всего ареала. При этом недостаточность знаний о морской среде вносит существенные сложности в понимание факторов, определяющих взаимосвязь отдельных популяций [White, 2010]. Известно, что жизненный цикл большого числа морских рыб характеризуется наличием пелагических икры, личинок и ранней молоди, которые могут разноситься течениями на большие расстояния, а взрослые особи могут совершать миграции, порой достаточно протяжённые, что определяет значительные сложности при оценке их популяционной структуры [Orlov et al., 2020]. К таким видам относится и минтай [Зверькова, 1981; Пушников, 1987; Глубоков, Котенёв, 2006; Шубина и др., 2009]. Рассматриваемый вид характеризуется высокой плодовитостью с нере-

стом в толще воды, откуда пелагическая икра, а позже личинки и ранняя молодь могут разноситься течениями на дальние расстояния [Dunn, Matarese, 1987]. Наличие пелагических ранних стадий развития минтая увеличивает поток генов между локальными стадами и является причиной низкой внутривидовой дифференциации [Palumbi, 1995; Bohonak, 1999; Shanks, 2009; D'Aloia et al., 2015 и др.].

Использование различных генетических маркёров (микросателлиты, митохондриальная ДНК (мтДНК)) при исследованиях морских широкоареальных видов рыб (включая демерсальных) позволяет изучать микроэволюционные процессы в популяциях, выявлять внутривидовую структуру, филогенетические и филогеографические связи, динамику численности, миграционные потоки [Орлова и др., 2019; Bae et al., 2020; Okazaki et al., 2020 и др.].

Несмотря на длительное и разностороннее изучение биологии минтая, единая точка зрения на его внутривидовую организацию до сих пор отсутствует [Зверькова, 1981; Пушников, 1987; Глубоков, Котенёв, 2006; Шубина и др., 2009; Orlova et al., 2022].

Внутривидовая структура минтая и его филогенетические связи изучались ранее с помощью различных молекулярно-генетических маркёров: аллозимов, микросателлитных локусов, единичных нуклеотидных замен (SNP) [Grant, Utter, 1980; Olsen et al., 2002; O'Reilly et al., 2004; Yanagimoto et al., 2004; Canino et al., 2005; Grant, 2006; Шубина и др., 2009; Савенков и др., 2018], митохондриальных маркёров [Lee et al., 1995; Gray et al., 2009; Shields, Gust, 1995; Лапинский и др., 2015], однако число выборок и широта охвата ареала в указанных работах были весьма ограничены.

Таким образом, вопрос о популяционной структуре минтая всё ещё остаётся открытым, требуя для своего решения проведения исследований не только на расширенном материале со всех частей ареала, но и межгодового анализа генетических данных. Рациональная эксплуатация и сохранение запасов минтая, являющегося одним из важнейших объектов мирового рыболовства, требуют разработки адекватных мер регулирования его промысла [Булатов, 2003; Шевчен-

ко и др., 2008], что возможно только на основе знаний его популяционной структуры.

Комплексный филогеографический анализ с использованием выборок нерестового минтая с большей части азиатской части ареала от Японского моря до северо-западной части Берингова моря с использованием различных генетических маркёров ранее не предпринимался.

Цель настоящей работы — изучить филогеографические процессы в популяциях минтая в пределах азиатской части ареала (Северо-Западная Пацифика) на основании данных об изменчивости различных генетических маркёров и усовершенствовать меры регулирования его промысла.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Микросателлитные локусы

Образцы тканей минтая для проведения исследования были собраны в Японском, Охотском, Беринговом, Чукотском морях и водах Курильских островов и восточного побережья полуострова Камчатка. Выборки минтая для исследования по микросателлитным локусам указаны в табл. 1 и отражены на рис. 1.

В 2010 году пробы из Охотского моря были взяты в ходе научной съёмки ФГУП «ТИНРО-Центр» совместно с ФГУП «МагаданНИРО» в период с 11 апреля по 2 июня. Образцы в Беринговом море были со-

браны во время научно-промыслового рейса в навигационный период (выборки Т9, Т10, Т35).

В 2013 году был собран материал для проведения исследования в различных регионах Охотского моря, с тихоокеанской стороны Северных Курильских островов, тихоокеанской стороны о-вов Итуруп и Кунашир. Образцы собирались из нерестовых скоплений во время тралово-акустической съёмки на НИС «Профессор Кагановский», судне «Пальмино» в районе Северных Курильских островов (Т15, Т17, Т18, Т20).

В 2014 г. в ходе рейса на судне «Капитан Лапкин» были собраны образцы минтая в районе Кунаширского пролива (Т22). Также материал 2014 года для проведения исследования собран наблюдателями, работающими на промысловых судах в различных регионах Охотского моря (2014 г. судно «Владимир Бабищ» — Т25, Т26, Т27, Т29, Т31, Т32), с тихоокеанской стороны Южных Курильских островов (2014 г. судно «Капитан Лапкин» — Т23), в водах Восточной Камчатки (2014 г. судно «Владимир Бабищ» — Т24), в зал. Петра Великого (2014 г. судно МРС-150-084 — Т34). Все полученные образцы собирались из промысловых скоплений минтая.

В 2015 году собраны образцы из районов нереста минтая Охотского моря (НИС «Профессор Кагановский» и судно МРКТ «Капитан Кайзер»).

На основании предварительных популяционно-генетических исследований минтая для настоящей

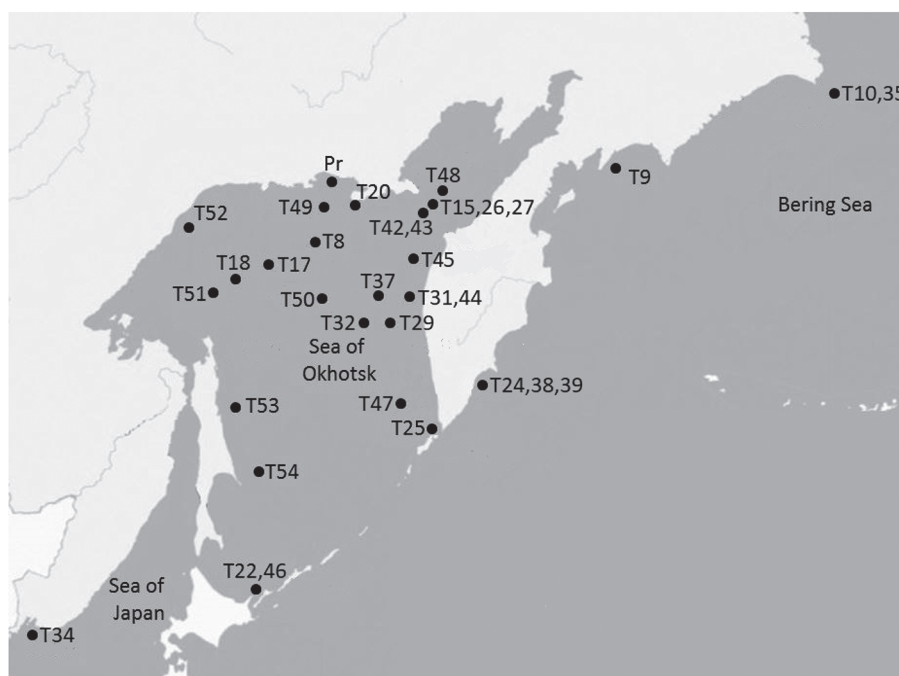


Рис. 1. Географическое распределение выборок минтая исследуемых по 12 микросателлитным маркёрам
Fig. 1. Geographic distribution of walleye pollock samples analysed by 12 microsatellite markers

Таблица 1. Характеристики выборок минтая для исследования по микросателлитным маркёрам и фрагменту контрольного региона мтДНК

Table 1. Characteristics of walleye pollock samples analyzed by microsatellites and fragment of mtDNA control region

Выборки	Место сбора	Год	<i>D-loop</i>	Микросателлитные локусы
Pr	Охотское море, Тауйская губа, прибрежная зона	2012	33	47
T1	Воды Юго-Западной Камчатки	2012	19	–
T2	Воды Западной Камчатки	2012	27	–
T4	Воды Северо-Западной Камчатки	2012	29	–
T6	Охотское море, залив Шелихова	2012	19	–
T7	Охотское море, залив Шелихова	2012	17	–
T8	Северная часть Охотского моря	2012	23	33
T9	Берингово море, Карагинский залив	2012	48	46
T10	Берингово море	2012	44	44
T11	Северные Курилы, охотоморская сторона	2013	23	–
T12	Воды Юго-Западной Камчатки	2013	15	–
T13	Воды Северо-Западной Камчатки	2013	13	–
T15	Охотское море, залив Шелихова	2013	35	41
T17	Северная часть Охотского моря	2013	46	43
T18	Северная часть Охотского моря	2013	35	37
T19	Воды Восточного Сахалина	2013	25	32
T20	Охотское море, Притауйский район	2013	37	–
T21	Охотское море, Притауйский район	2013	22	–
T22	Охотское море, Южные Курилы	2014	30	63
T23	Тихий океан, Восточная сторона Южных Курил	2014	30	33
T24	Восточная Камчатка, Петропавловско-Командорская под-зона	2014	48	49
T25	Камчатско-Курильская подзона	2014	42	49
T26	Охотское море, залив Шелихова	2014	–	42
T27	Охотское море, залив Шелихова	2014	–	45
T29	Охотское море, Северо-Восточная часть	2014	–	42
T31	Охотское море, Северо-Восточная часть	2014	–	49
T32	Охотское море, Северо-Восточная часть	2014	–	48
T33	Охотское море, залив Шелихова	2014	18	-
T34	Японское море	2014	26	47
T35	Берингово море	2014	–	49
T37	Берингово море	2014	–	29
T38	Авачинский залив, воды Восточной Камчатки	2014	–	42
T39	Авачинский залив, воды Восточной Камчатки	2014	–	47
T42	Охотское море, залив Шелихова	2015	35	47
T43	Охотское море, залив Шелихова	2015	20	46
T44	Воды Западной Камчатки	2015	15	47
T45	Воды Северо-Западной Камчатки	2015	36	45
T46	Охотское море воды Южных Курильских островов	2015	–	39
T47	Охотское море, воды Юго-Западной Камчатки	2015	–	48
T48	Охотское море, воды Юго-Западной Камчатки	2015	–	47
T49	Охотское море, Притауйский район	2015	47	46
T50	Северная часть Охотского моря	2015	26	45

Окончание табл. 1

Выборки	Место сбора	Год	D-loop	Микросателлитные локусы
T51	Охотское море, Северо-Западная часть	2015	24	45
T52	Северная часть Охотского моря	2015	27	44
T53	Воды Восточного Сахалина	2015	30	43
T54	Воды Восточного Сахалина	2015	32	47
T57	Берингово море	2015	37	-
T58	Берингово море	2015	37	-
T59	Берингово море	2015	45	-
T60	Берингово море	2015	47	-

работы были использованы 14 микросателлитных локусов, которые были сгруппированы в мультиплексы. После предварительных результатов были отобраны 12 микросателлитных маркёров для дальнейшего исследования: *PGmo104*, *PGmo105*, *PGmo100*, *PGmo32*, *PGmo74*, *PGmo108*, *PGmo102*, *Gmo34*, *Gmo119*, *Gmo315*, *Gmo236*, *Gmo40*.

Расчёты частот аллелей для всех микросателлитных локусов, отклонения от равновесия Харди-Вайнберга, матриц генетических расстояний по Нею и *Fst*, а также анализ главных компонент и распределение общей генетической изменчивости между исследованными популяциями методом расчёта молекулярной дисперсии (AMOVA) производили в про-

грамме GenAlEx 6.41. Достоверность *Fst* (exact test of population differentiation) рассчитывали в программе Arlequin 3.5.1.3 с количеством шагов в цепи Маркова 1 000 000. Оценка уникальности аллельного состава исследованных выборок по данным локусам с целью определения возможности идентификации принадлежности особей к той или иной популяции проводилась в программе STRUCTURE 2.3.4. (при $k=3$, 5 или 8).

Контрольный регион мтДНК

Пробы тканей у 1162 особей половозрелого минтая для генетических исследований собирали на азиатской части ареала: в Беринговом, Охотском и Японском морях, а также в тихоокеанских водах

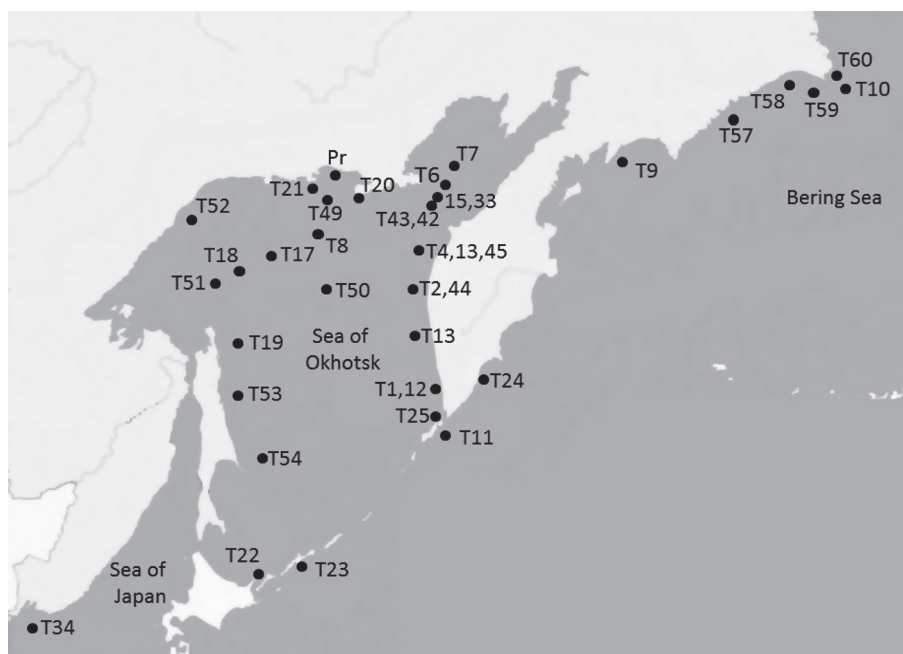


Рис. 2. Географическое распределение исследуемых выборок минтая по фрагменту контрольного региона мтДНК. Все точки, кроме T42 и T43 собраны с нерестовых скоплений минтая

Fig. 2. Geographic distribution of walleye pollock samples analysed by mtDNA control region. All samples with exception for T42 and T43 were taken from spawning aggregations

Курильских островов и восточного побережья Камчатки (рис. 2, табл. 1). Для репрезентативности оценки дифференциации нерестовых скоплений минтая при дальнейшей статистической обработке данных в анализ включались только нерестовые и посленерестовые особи, гонады которых находились на V, VI, VI–II стадиях зрелости. Таким образом, наши выборки половозрелого минтая правомерно называть изолятами [Глубовский, 1995], отражающими пространственную структуру нерестовой части ареала этого вида в азиатских водах.

Вся методология проведения исследования по фрагменту контрольного региона мтДНК описана в статье Орловой с соавторами [Orlova et al., 2022].

Цитохром *b*

Образцы тканей минтая ($n=493$) из уловов пелагических и донных тралов собраны в Чукотском, Беринговом, Охотском морях, а также в тихоокеанских водах Курильских островов и зафиксированы в 96% спирту (15 выборок). Температура хранения образцов составляла -20°C . Карта сбора образцов представлена на рис. 3. Крайне важно сразу отметить особенности выборок из Чукотского моря ChBof19, Chuk19–1 и Chuk17. В отличие от остальных выборок, образцы в них представлены ранней молодью и добавление их в анализ носит чисто информативный характер,

поскольку глубокое сравнение с половозрелыми рыбами не представляется корректным. В качестве аутгруппы добавлены 3 последовательности гена цитохрома *b* из базы данных NCBI тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* NC_036931.1, KY296294.1, AB078152.1 и 3 атлантической трески *Gadus morhua* KX267079.1, KX267089.1, NC_002081.1.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Микросателлиты

Для исследования популяционной структуры минтая Охотского моря и Курильских островов использовались 12 микросателлитных локусов. Для более полного и объективного понимания популяционной структуры минтая в данной работе исследовали все имеющиеся выборки, собранные из различных регионов за несколько лет. Из анализа исключались выборки с количеством образцов менее 30. Также из исследования исключены те образцы, у которых были не определены аллели трёх и более микросателлитных локусов. В результате статистически проанализировали 1543 образцов из 35 выборок минтая. По нашим данным, в большинстве локусов отклонения от равновесия Харди-Вайнберга не наблюдалось, но были обнаружены некоторые микросателлитные маркеры, показывающие отклонение от равновесия

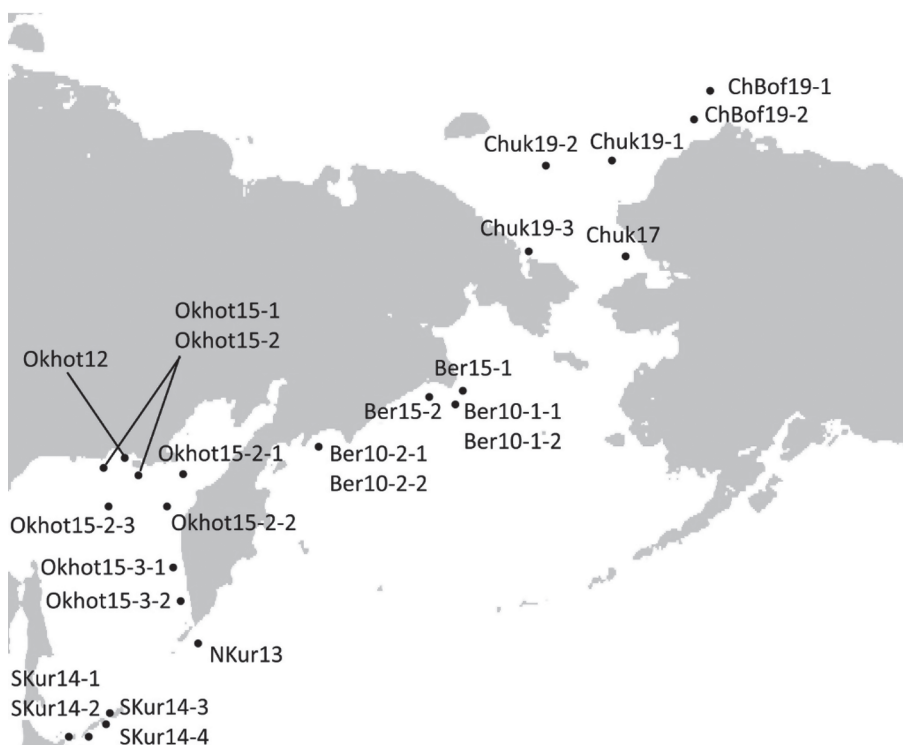


Рис. 3. Географическое распределение исследуемых выборок минтая 2015 г. по мтДНК гену цитохрома *b*
Fig. 3. Geographic distribution of 2015 walleye pollock samples analyzed by Cyt *b* mtDNA gene

Харди-Вайнберга в отдельных выборках. В процессе анализа был выявлен и исключён локус с максимальным отклонением от равновесия Харди-Вайнберга *Tch12*. Данный эффект можно объяснить различными причинами: неравномерностью выборок, смесью популяций («эффект Валунда»), инбридингом или наличием нуль-аллелей.

В программе GenAlEx 6.5 проведена оценка генетической дифференциации (F_{st}) всех исследованных выборок минтая и построена соответствующая матрица попарных значений, что не выявило достоверных величин индекса генетической дифференциации. В программе Arlequin рассчитаны значения достоверности F_{st} . Также на основе матрицы величин генетической дифференциации (R_{st}) между различными выборками минтая за несколько лет исследований был проведён анализ попарных генетических расстояний в пространстве главных компонент, результаты которого отражены на рис. 4. Достоверных различий между выборками не обнаружено.

При анализе главных компонент вклад в общую изменчивость первой компоненты составлял 31,1%, второй – 18,4%, третьей 16,7%, что в сумме составило 66,2%. Причём, замена второй компоненты на третью в анализе попарных генетических расстояний практически не вносит изменений в распределение выборок в пространстве главных компонент. Все остальные

компоненты составляли меньшие доли вклада в общую изменчивость и не учитывались при расчётах.

В итоге анализ попарных генетических расстояний в пространстве главных компонент по данным микросателлитного анализа на основании полиморфизма 12 микросателлитных локусов не выявил какой-либо структурированности популяционных группировок минтая. Результаты анализа молекулярной изменчивости AMOVA (Analysis of Molecular Variance) были рассчитаны в программе GenAlEx 6.5 и не показали наличия дифференциации минтая по микросателлитным локусам. Межпопуляционная изменчивость составила 8% от всей изменчивости, в то время как внутрииндивидуальная изменчивость была на уровне 14%, что говорит о слабой межпопуляционной изменчивости. При этом различия между индивидами составили 78% (табл. 2). Это свидетельствует о низкой генетической структурированности изученных выборок.

Также в программе STRUCTURE произведена оценка уникальности аллельного состава исследованных выборок по 12 микросателлитным локусам с целью определения возможности идентификации принадлежности особей к той или иной популяции. На рис. 5 представлена диаграмма, показывающая вероятность принадлежности определённых генотипов по микросателлитным маркерам к той или иной выборке.

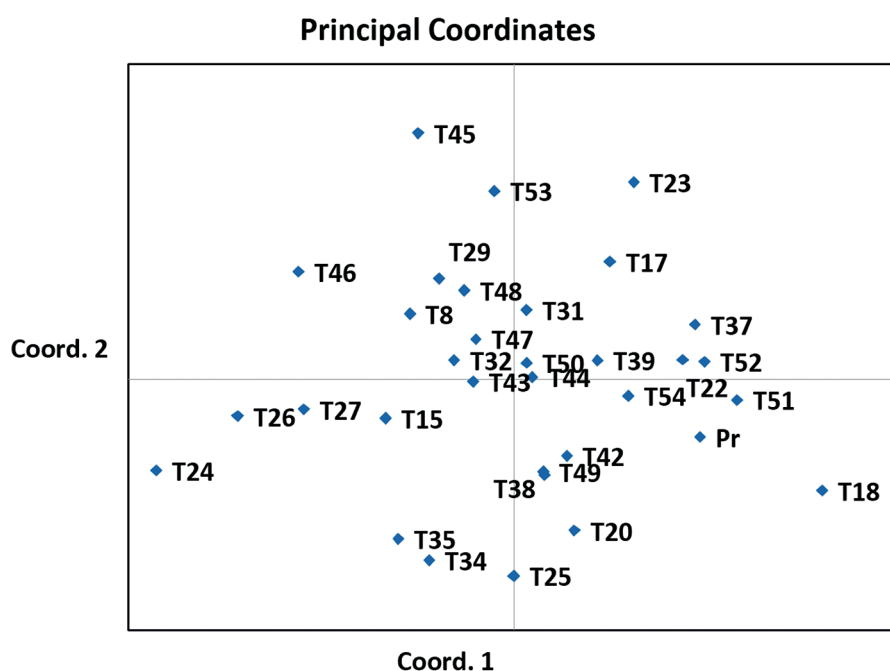


Рис. 4. Генетические расстояния в пространстве главных компонент выборок минтая по данным полиморфизма микросателлитных локусов

Fig. 4. Genetic distances of walleye pollock samples in the space of principal coordinates according to the polymorphism of microsatellite loci

Таблица 2. Результаты AMOVA общего генетического разнообразия в выборках минтая
Table 2. AMOVA results of total genetic diversity in walleye pollock samples

Источник разнообразия	Число степеней свободы, df	Сумма квадратов отклонений, SS	Среднее квадратичное отклонение, MS	Доля в общей дисперсии, абс. значения Var.	Доля в общей дисперсии в %
Между популяциями	34	1678475,911	62165,774	560,326	8
Между индивидуумами	1208	15372341,179	12725,448	5827,105	78
Внутри индивидуальная изменчивость	1236	1324051,000	1071,239	1071,239	14
Общая генетическая изменчивость	2471	18374868,091		7458,669	100

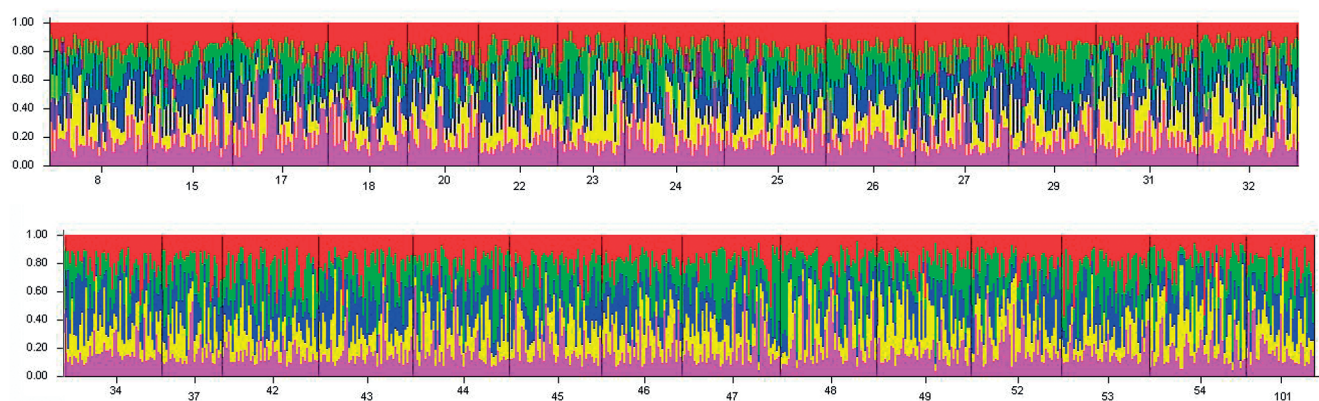


Рис. 5. Диаграмма вероятностей принадлежности генотипов минтая по 12 микросателлитным локусам (различными цветами показаны возможные принадлежности образцов к одной из пяти теоретических группировок): ось x — выборки минтая; ось y — частоты аллелей

Fig. 5. Probability diagram of walleye pollock genotypes by 12 microsatellite loci (different colors show possible belonging of samples to one of the five theoretical groupings): x-axis — walleye pollock samples; y-axis — allele frequencies

Кластерный анализ не показал принадлежность отдельных выборок ни к одной из пяти теоретически сформированных группировок ($k=5$), что говорит о существовании плохо дифференцируемых между собой выборок минтая.

На основании данных полиморфизма микросателлитных маркёров какой-либо популяционной дифференциации минтая в пределах Охотского моря не обнаружено. Чётких дифференцирующих аллелей или локусов, позволяющих говорить о дифференциации минтая Охотского моря от особей Японского моря, тихоокеанских вод Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки, не выявлено. Для оценки генетических различий между минтаем Берингова моря и других регионов использовали фрагменты контрольного региона *D-loop* и гена цитохрома *b* мтДНК.

Контрольный регион мтДНК

Анализ исследованных образцов в 38 выборках минтая по фрагменту контрольного региона мтДНК длиной 526 п. н. выявил 32 гаплотипа, включая 19

редких и 11 уникальных. Массовыми оказались гаплотипы H1 и H3 с суммарной частотой встречаемости 84%, на долю каждого пришлось 58 и 26%, соответственно. На основе выравнивания фрагмента контрольного региона мтДНК по 1162 образцам минтая была построена сеть гаплотипов. Гаплотипическая сеть представляет две связанные между собой звездообразные структуры. Такая структура свидетельствует о наличии в эволюционной истории рассматриваемого вида двух всплесков эффективной численности.

Географическое распределение соотношений гаплотипов в каждой выборке (рис. 6) показало, что максимальная частота массового гаплотипа H1 характерна для Охотского моря. Для большей наглядности на рис. 6 а отражены все выборки минтая из Берингова моря, вод Восточной Камчатки и Курильских островов, Японского и Охотского морей, собранные в 2012–2013 гг., а на рис. 6 б — выборки минтая из Охотского моря, собранные в 2014–2015 гг.

Массовый гаплотип H1 встречался во всех без исключения охотоморских выборках с незначительным

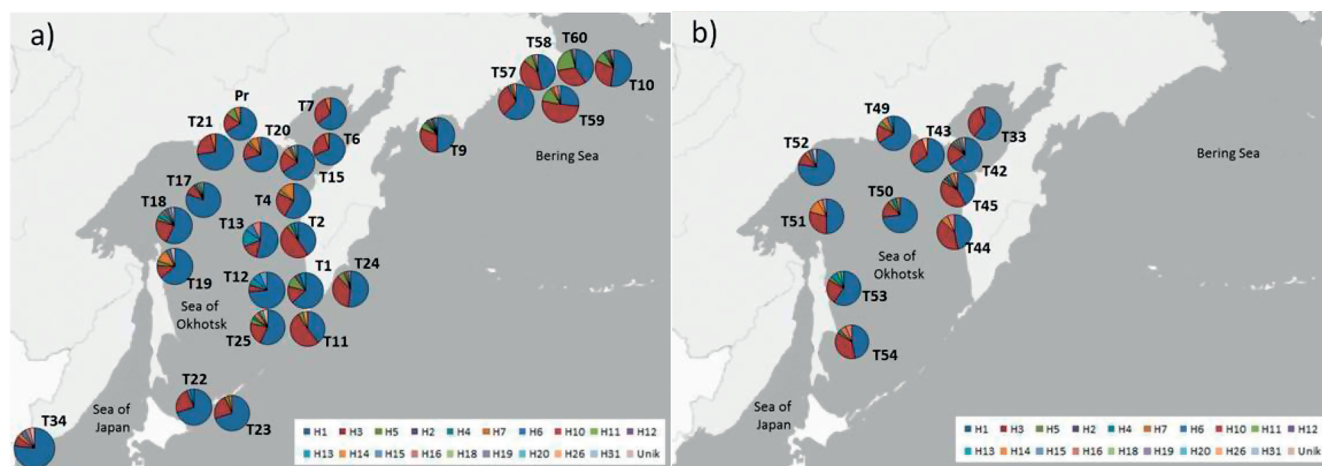


Рис. 6. Распределение гаплотипов участка контрольного региона мтДНК в различных выборках минтая а) использованы выборки, собранные до 2012–2013 гг. б) использованы выборки из Охотского моря, собранные до 2014–2015 гг.

Fig. 6. Distribution of haplotypes of the mtDNA control region site in various walleye pollock samples а) samples collected before 2012–2013 were used; б) samples in the Sea of Okhotsk collected before 2014–2015 were used

увеличением доли встречаемости с севера на юг. Наибольшая доля встречаемости выявлена в выборках из Японского моря и северо-западной части Охотского моря. Максимальная встречаемость массового гаплотипа Н3 отмечена в западной части Берингова моря, при этом снижаясь в направлении с севера на юг. Высокие частоты гаплотипа Н3 и сформированного от него гаплотипа Н5 зарегистрированы в Беринговом море, тихоокеанских водах Камчатки и Северных Курил. Гаплотип Н7 встречался в основном в выборках Охотского моря.

На основании данных полиморфизма контрольного региона мтДНК рассчитаны попарные индексы генетической дифференциации (F_{ST}) выборок минтая, которые варьировали в пределах значений от 0 до 0,333. Эти данные представлены на рис. 7. Наибольшее значение F_{ST} выявлено между выборками из Берингова моря (Т59) и вод Юго-Западной Камчатки (Т12). Достоверных значений F_{ST} из 703 попарных сравнений оказалось 104 с минимальным значением индекса генетической дифференциации от 0,003 (Т19-Т17) максимально до 0,333 (Т59-Т12). При этом анализ всех взятых исключительно на нерестилищах выборок минтая не позволяет чётко и достоверно разделить его особей из крупных регионов, например, минтая Берингова моря и минтая Охотского или Японского моря. Однако наиболее высокий и статистически достоверный индекс генетической дифференциации показали образцы минтая из Берингова моря (Т10, Т60, Т59) по отношению к остальным выборкам из других участков азиатской части его ареала. При этом выборки внутри Берингова моря при сравнении между собой имели минимальные значения индекса

F_{ST} , что является признаком существования в Беринговом море единой группировки минтая. Этот вывод подтверждается, кроме того, характером пространственного распределения гаплотипов и гаплотипическим разнообразием.

Цитохром b

В результате проведённого исследования полиморфизма у 493 образцов (15 выборок) минтая по фрагменту гена цитохрома b мтДНК длиной 614 п. н. обнаружено 119 гаплотипов. Из них 29 гаплотипов встречались более, чем у одной особи, все остальные – уникальные и отмечены только по 1 разу в исследовании.

У минтая основу гаплотипического разнообразия составили два массовых гаплотипа – Н1 и Н2 (при этом $H2 > H1$). Общая доля массовых гаплотипов составила 60%. Гаплотипы Н1 и Н2 присутствовали в различных соотношениях во всех исследованных выборках. В Беринговом (кроме выборки из Карагинского залива) и Чукотском морях гаплотип Н2 встречался чаще, чем в Охотском (40–70% против 23–35%). Гаплотип Н1 – наоборот, чаще встречался в Охотском море и в водах Южных Курил (4–31%), чем в Чукотском и Беринговом морях (2–14%). Можно предположить, что местом происхождения гаплотипа Н2 может быть Берингово море, а Н1 – Охотское море. Эти гаплотипы давали мощные всплески численности, распространяясь, судя по всему, на весь ареал азиатского минтая.

На основании данных о полиморфизме гена *Cyt b* мтДНК была построена матрица попарных значений индекса генетической дифференциации F_{ST}

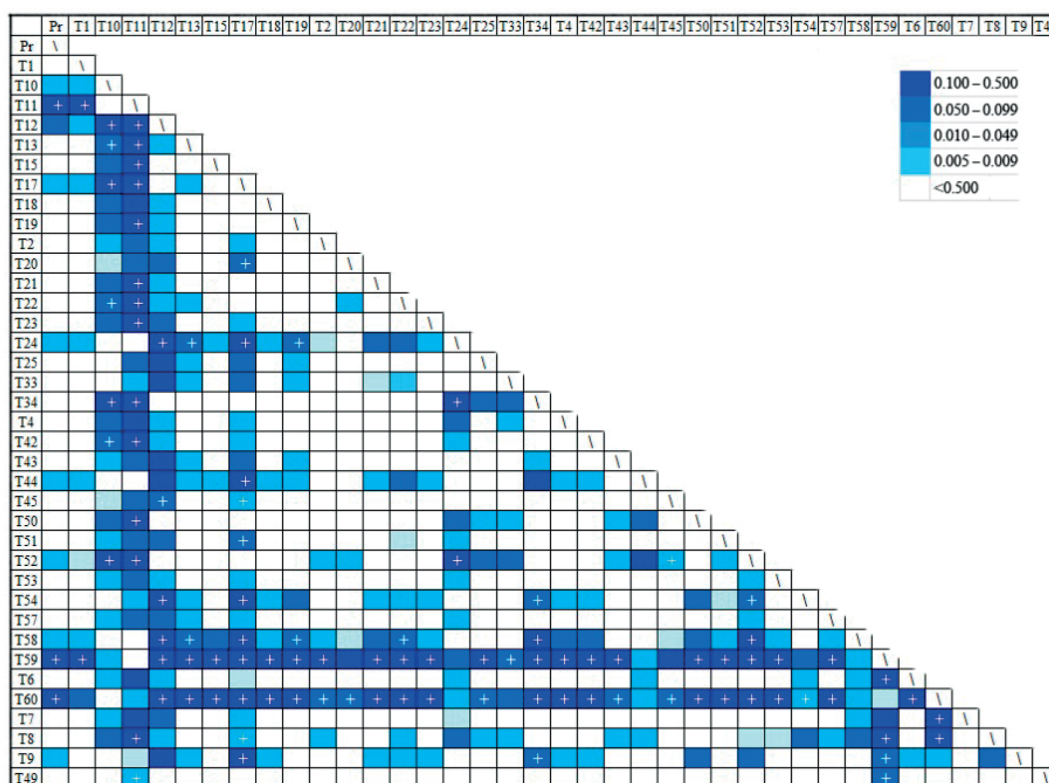


Рис. 7. Попарные значения F_{ST} в выборках минтая на основании данных полиморфизма фрагмента контрольного региона мтДНК. Достоверные значения обозначены символом «+» (p-value<0,01)

Fig. 7. Pairwise values of F_{ST} in walleye pollock samples based on the data of polymorphism of mtDNA control region fragment. Statistically significant values are indicated by «+» symbol (p-value<0.01)

между всеми выборками минтая (рис. 8). Выборка из тихоокеанских вод северных Курильских островов (NKur13) мала и достоверно не отличалась от всех других выборок. То же самое можно сказать об одной из выборок из Чукотского моря (Chuk19-1) и выборке из вод на границе Чукотского моря и моря Бофорта (ChB19). Ещё одна выборка из Чукотского моря (Chuk19-2) была относительно крупной, но достоверных различий между этой выборкой и другими не установлено.

Среди проб, взятых в Беринговом море, выборка из Карагинского залива (Ber10-2) достоверно отличалась от всех остальных ($F_{ST} = 0,0001-0,056$), которые, в свою очередь, достоверно не отличались друг от друга.

Пробы из восточной (Chuk17) и западной (Chuk19-3) частей Чукотского моря достоверно различались друг от друга ($F_{ST} = 0,03$). Остальные образцы из этого моря друг от друга достоверно не отличались.

Различий между выборками из Охотского моря, а также между пробами из вод северных и южных Курильских островов не обнаружено. Также не было выявлено различий между всеми выборками Охотского моря и таковыми вод Курильских островов.

Наиболее сильные и значимые различия наблюдались между выборкой из юго-западной части Чукотского моря (Chuk19-3) и всеми пробами из Охотского моря ($F_{ST} = 0,070-0,169$), а также из вод южных Курильских островов ($F_{ST} = 0,144$). Для других выборок Чукотского моря существенных различий при попарном анализе не обнаружено. Также выборки из западной части Берингова моря 2015 г. (Ber15-2, $F_{ST} = 0,092-0,153$) и 2010 г. (Ber10-1, $F_{ST} = 0,050-0,136$) существенно отличались от выборок из Охотского моря и вод Южных Курильских островов. Выборка из вод Карагинского залива (Ber 10-2) достоверно не отличалась от выборок из Охотского моря и вод южных Курильских островов. Выборка из восточной части Чукотского моря (Chuk17) достоверно отличалась от двух выборок из Берингова моря (Ber 10-1 и Ber15-2, $F_{ST} = 0,010$ и $0,025$, соответственно), но достоверно не отличалась от выборки из Карагинского залива (Ber 10-2). Выборка из юго-западной части Чукотского моря (Chuk19-3) достоверно отличалась от выборки из Карагинского залива (Ber 10-2) и недостоверно от других выборок Берингова моря. Между остальными выборками из Чукотского и Берингова морей достоверных различий не обнаружено.

Population		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Ber10-1	0,00 0														
2	Ber10-2	0,04 9	0,000													
3	Ber15-1	0,01 5	0,000	0,000												
4	Ber15-2	0,00 2	0,056	0,022	0,000											
5	ChBof19	0,05 9	0,000	0,000	0,073	0,000										
6	Chuk17	0,01 1	0,002	0,000	0,025	0,000	0,000									
7	Chuk19-1	0,01 7	0,000	0,000	0,027	0,000	0,000	0,000								
8	Chuk19-2	0,04 7	0,000	0,000	0,056	0,000	0,000	0,000	0,000							
9	Chuk19-3	0,00 9	0,078	0,028	0,002	0,094	0,030	0,044	0,065	0,000						
10	Nkur13	0,10 7	0,000	0,002	0,118	0,000	0,000	0,000	0,000	0,153	0,000					
11	Okhot12	0,07 9	0,000	0,023	0,092	0,000	0,020	0,000	0,000	0,112	0,000	0,000				
12	Okhot15-1	0,10 7	0,000	0,032	0,125	0,000	0,030	0,004	0,000	0,145	0,000	0,000	0,000			
13	Okhot15-2	0,13 6	0,011	0,058	0,153	0,002	0,061	0,033	0,021	0,169	0,000	0,004	0,000	0,000		
14	Okhot15-3	0,04 9	0,000	0,005	0,054	0,000	0,008	0,000	0,000	0,073	0,000	0,000	0,000	0,024	0,000	
15	Skur14	0,11 0	0,000	0,036	0,130	0,000	0,032	0,009	0,000	0,144	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,000

	0,127-0,169
	0,084-0,127
	0,004-0,084
	0,0001-0,042
	0-0,0001

Рис. 8. Попарные значения F_{ST} в выборках минтая на основании данных полиморфизма фрагмента гена цитохрома *b* мтДНК. Цветом показаны градации значений индекса генетической дифференциации. Достоверные значения выделены полужирным шрифтом (p -value<0,01)

Fig. 8. Pairwise F_{ST} values in walleye pollock samples based on mtDNA Cyt *b* gene fragment polymorphism data. The color shows the gradations of the values of the index of genetic differentiation. Reliable values are highlighted in bold (p -value<0,01)

ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно проведённым ранее исследованиям, минтай образует локальные группировки, отличающиеся не только размерно-возрастным составом, но и некоторыми морфологическими признаками, что, предположительно, может быть связано как с абиотическими факторами среды, так и с адаптацией к особенностям кормовых условий на различных участках ареала. Известен широкий диапазон морфологической изменчивости и клинальные переходы по многим морфометрическим индексам [Шунтов и др., 1993]. На основании данных многолетних наблюдений предполагалось существование крупных популяций минтая, характеризующихся не только пространственной, но и межгодовой стабильностью [Серобаба, 1977; Шунтов и др., 1993]. При этом вопрос степени стабильности таких группировок оставался открытым из-за существования протяжённых миграций минтая [Пушников, 1987; Глубоков, Котенёв, 2006].

Предполагалась, что существует дифференциация минтая Берингова и Охотского морей, в последнем из которых обитает единая популяция с центром в западно-камчатском районе с наличием возможной внутренней системы субпопуляций, предназначенных для более полного освоения видом доступных биотопов [Зверькова, 1981].

Согласно данным предыдущих работ, контрольный регион мтДНК минтая был рекомендован для оценки его популяционной структуры как высоко полиморфный [Yanagimoto et al., 2004]. Этот вывод противоречит данным, полученным нами на основе анализа более чем 1000 генотипированных образцов минтая, свидетельствующего о существовании экстремально низкого полиморфизма его контрольного региона мтДНК. Такой же низкий полиморфизм контрольного региона обнаружен и у тихоокеанской трески [Орлова и др., 2019]. Изучение взаимосвязи динамики численности этих двух видов [Naumenko et al., 2001; Балы-

кин, Золотов, 2010] показало, что падение численности минтая сопровождается снижением численности трески, поскольку минтай в рационе трески во многих районах занимает лидирующее положение [Чучукало, Напазаков, 2014]. Взаимосвязь динамики численности этих двух видов была показана как для Берингова [Kichara, Shimada, 1988; Vinnikov, 1996; Балыкин, 2007], так и для Охотского [Чучукало и др., 1996] морей. Можно предположить, что в процессе микроэволюции из-за климатических или других причин оба вида оказались довольно тесно связаны экологически, что могло найти своё отражение в синхронных вспяшках численности обоих видов. Другие экологические факторы, например, межвидовые трофические отношения и оптимальные температурные предпочтения также могли повлиять на сходство истории расселения и динамики численности обоих видов.

Выборки минтая из Берингова моря имеют самое высокое гаплотипическое разнообразие. Это можно объяснить тем, что минтай, как вид сформировался именно в данном регионе после открытия Берингова пролива 3,5 млн лет назад [Lyle, 2008; Orlova et al., 2022]. Нами показано, что гаплотипическое разнообразие минтая снижается в направлении с севера на юг, и минимальные его значения наблюдаются в выборках из Японского моря, Южных Курильских островов и северо-западной части Охотского моря, т. е. на окраинах видового ареала.

Согласно полученным нами индексам генетической дифференциации выявлены две крупные группировки минтая. Важно отметить, что подавляющее большинство использованных в работе выборок собрано на нерестилищах минтая на большей части его азиатского ареала. Однако мы не можем говорить об их полной популяционной обособленности, поскольку существуют два фактора, препятствующие этому. Первым фактором, является миграционный поток взрослых половозрелых особей, который может проходить лавинообразно. Это было показано на примере выхода крупного половозрелого минтая в открытые воды Берингова моря (Алеутскую котловину) в 1980–90-х гг. [Wespestad, 1993; Булатов, 2020], а также на примере недавнего проникновения взрослого половозрелого минтая в Чукотское море [Орлов и др., 2019, 2020]. Ранее отмечалось, что для минтая характерны периодические сильные флуктуации численности, связанные с климатическими изменениями, обуславливающими изменения биопродуктивности морей [Кляшторин, Любушин, 2005]. Взрослые особи минтая могут выходить из Охотского моря через Курильские проливы и мигрировать в северном направлении, достигая Берингова моря, а из Берингова моря проникать

и в Чукотское море. О способности минтая совершать протяжённые миграции (например, из вод Восточной Камчатки в центральную часть Берингова моря) хорошо известно [Maeda, 1972; Orlov et al., 2020]. Все это свидетельствует о возможности достаточно быстрой экспансии минтая в другие регионы, подходящие для его существования по климатическим условиям. Второй фактор, способствующий быстрому распространению минтая в различные морские районы, — его нерест в толще воды и наличие пелагической икры и ранней молоди, которые с Курильским течением из Берингова моря могут распространяться в более южные участки ареала (вплоть до Южных Курильских островов), а через Курильские проливы заноситься в Охотское море. Описанные факторы могут способствовать генетическому обмену между крупными географическими группировками минтая, приводя к отсутствию чёткой популяционно-генетической структурированности.

Для минтая типичными являются как короткие вертикальные суточные миграции, так и длительные сезонные — нагульные, нерестовые и зимовальные. Результаты мечения подтвердили, что он совершает протяжённые миграции внутри Охотского моря, из которого также происходит выход особей в Японское море и Тихий океан [Пушников, 1987]. Также существуют миграции минтая между водами Камчатки и Беринговым морем, Охотским и Беринговым морями [Maeda, 1972; Глубоков, Котенёв, 2006; Orlov et al., 2020]. В пределах протяжённого ареала этого вида существуют разнообразные условия для созревания особей, развития икры и молоди, что сказывается в целом на сроках онтогенеза минтая [Серобаба, 1977].

По данным предыдущих исследований, минтай в пределах ареала вида образует ряд групп, различающихся не только размерно-возрастным составом, но и некоторыми морфологическими признаками, что предположительно может быть связано как с экологическими факторами, так и с адаптацией к кормовым условиям в разных районах [Шунтов и др., 1993].

Наличие потока генов между акваториями, удалёнными друг от друга более чем на 1000 км, подтверждается и генетическими исследованиями [Лазинский и др., 2015]. Предыдущие генетические исследования берингоморского минтая показали, что границы его популяций очень размыты и что это связано как с миграциями рыб, так и со слабо выраженным дрейфом генов [Глубоков, Котенёв, 2006; Шубина и др., 2009]. Наши исследования не показали наличия генетической дифференциации минтая в Чукотском море и прилегающих районах северо-западной Пацифики.

Результаты нашей работы, выполненной на более значительном материале, чем предыдущие исследования половозрелых рыб, показали наличие в азиатской части ареала двух крупных суперпопуляций минтая. Одну группировку формируют рыбы Берингова и Чукотского морей, вторую — Японского и Охотского морей, а также тихоокеанских вод Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки. Возникновение локальных группировок минтая, для которых характерны сходные морфологические и экологические параметры, может быть частично объяснено теорией, согласно которой группировка Охотского моря является единой популяционной системой с центром в западно-камчатском районе и возможной внутренней системой субпопуляций, назначение которых состоит в более полном освоении видом доступных биотопов [Зверькова, 1981].

Полученные в нашей работе данные о популяционной структуре минтая азиатской части его ареала позволяют по-новому рассмотреть вопросы регулирования его промысла. Важнейшим инструментом регулирования промысла минтая служит установление его ежегодных общих допустимых уловов (ОДУ) на основе оценок запаса. В соответствии с п. 12 ст. 1 Федерального закона «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» (№ 166-ФЗ)¹ общий допустимый улов водных биоресурсов — научно обоснованная величина годовой добычи (вылова) водных биоресурсов конкретного вида в определённых районах промысла, установленная с учётом особенностей данного вида.

В настоящее время районы промысла минтая (впрочем, как и других видов водных биоресурсов) и, соответственно, районы оценки его ОДУ, определены существующими зонами и подзонами промысла, установленными «Правилами рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна». Для Охотского моря это Западно-Камчатская, Северо-Охотоморская, Камчатско-Курильская, Восточно-Сахалинская, Северо-Курильская и Южно-Курильская зоны. Для Японского моря это Приморская и Западно-Сахалинская зоны. Для российского сектора Берингова моря и прикамчатских вод Тихого океана это Чукотская, Западно-Берингоморская, Карагинская и Петропавловско-Командорская зоны (подзоны). Оправдано ли такое подразделение с позиций популяционной биологии минтая? Наше исследование, основанное на наиболее современных методах молекулярной генетики, даёт недвусмысленный отрицательный ответ на этот вопрос.

По нашим данным все перечисленные выше восемь группировок минтая в Охотском и Японском морях следует рассматривать как единую суперпопуляцию охотоморско-япономорского минтая и, соответственно, определять единый ОДУ для данного запаса. Аналогично, для трёх группировок Берингова моря также следует определять единый ОДУ. Возникает закономерный вопрос: а что в этом случае изменится в оценках ОДУ запасов минтая? Для ответа на данный вопрос сотрудник ВНИРО В.К. Бабаян провёл специальное исследование, результаты которого были доложены на Учёном Совете ВНИРО, в котором одним и тем же методом на основе модели TISVPA определил различия ОДУ охотоморского минтая в зависимости от его подразделённости на группировки. Было установлено, что оценка ОДУ при рассмотрении охотоморского минтая как единой популяции на 20% выше, чем оценка ОДУ в случае его подразделения на отдельные группировки внутри Охотского моря. Принимая во внимание огромную биомассу охотоморского минтая, это сотни тысяч тонн дополнительного ежегодного вылова.

Кроме того, основываясь на результатах нашего исследования, представляется целесообразным осуществлять промысел минтая внутри двух выделенных суперпопуляций — охотоморско-япономорской и берингоморской с объединением внутри них группировок в пределах промысловых зон и подзон. Эта мера регулирования рыболовства повысит эффективность освоения запасов минтая в зависимости от промысловой обстановки в конкретных районах промысла. Следует оговориться, что в этом случае могут возникнуть определённые проблемы с договорами закрепления долей квот добычи минтая, которые заключались с пользователями для конкретных зон и подзон. Однако решение этого вопроса находится вне компетенции научных организаций, а входит в сферу деятельности регулятора рыболовства. Тем более, что ежегодная практика объединения зон и подзон промысла обычна в отношении многих единиц управления водных биологических ресурсов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая результаты анализа изменчивости выборок минтая по митохондриальным (фрагменты гена цитохрома *b* и *D-loop*) и микросателлитным маркерам, можно установить две крупные популяционные группировки минтая: 1) Охотское море, Японское море, воды Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки; 2) Берингово и Чукотское моря.

Обобщая результаты анализа изменчивости по микросателлитным маркерам минтая в водах Охот-

¹ http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_50799/

ского, Японского морей, Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки можно говорить об отсутствии популяционных группировок на всей исследованной акватории.

При регулировании рыболовства минтая в российских водах следует устанавливать единый ОДУ для каждой из двух суперпопуляций: охотоморско-япономорской и берингоморской. При осуществлении промысла минтая целесообразно объединять объёмы прогнозируемого вылова группировок минтая, относящихся к каждой из названных суперпопуляций.

Благодарности

Авторы признательны своим многочисленным коллегам, которые помогали им в сборе проб минтая в различных экспедициях. Антон Шмидт («ВНИРО») взял пробы на НИС «Василий Калёнов», Ольга Мазникова («ВНИРО») на НИС «ТИНРО», Елена Кузнецова («ВНИРО») на НИС «Пальмино», Денис Курносов («ТИНРО») на НИС «Профессор Кагановский», Денис Новосельцев («СахНИРО») на НЭС «Капитан Лапкин» и Олег Прикоки («МагаданНИРО») на прибрежном кустарном промысле. Авторы также благодарят своих коллег из ВНИРО, ТИНРО и Полярного филиала ВНИРО («ПИНРО», Мурманск, Россия), которые помогли с отбором проб на борту НИС «Профессор Леванидов» в 2019 году. Отдельная благодарность Мэтью Бейкер (North Pacific Research Board, Anchorage, AK, USA), Игорю Григорову («ВНИРО») и Алексею Сомову («ТИНРО») за помощь в сборе образцов на борту НИС «Ocean Starr» в 2017 и 2019 гг.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена в рамках Госзадания ФГБНУ «ВНИРО» (ЦА и «ТИНРО»).

ЛИТЕРАТУРА

- Балыкин П.А. 1986. Плодовитость минтая западной части Берингова моря // Вопросы ихтиологии. Т. 26. Вып. 1. С. 164–168.
- Балыкин П.А. 2007. О межвидовых отношениях тихоокеанской трески и минтая // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и Северо-западной части Тихого океана. Вып. 9. С. 230–234.
- Балыкин П.А., Золотов А.О. 2010. Межвидовые отношения гидробионтов как фактор динамики численности // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и Северо-западной части Тихого океана. Вып. 17. С. 24–29.
- Булатов О.А. 2003. Промысел и запасы минтая Берингова моря // Аналитическая и реферативная информация ВНИЭРХ. Серия «Экономика, информации и управление промыслом». Вып. 2. С. 101–114.
- Булатов О.А. 2015. К вопросу о методологии прогнозирования запасов и стратегии промысла минтая // Труды ВНИРО. Т. 157. С. 45–70.
- Булатов О.А. 2020. Минтай открытой части Берингова моря // Вопросы рыболовства. Т. 21. Вып. 4. С. 379–395.
- Глубовский А.И., Котенёв Б.Н. 2006. Популяционная структура минтая *Theragra chalcogramma* северной части Берингова моря. М.: ВНИРО. 198 с.
- Глубовский М.К. 1995. Эволюционная биология лососевых рыб // М.: Наука, 343 с.
- Зверькова Л.М. 1981. Внутривидовая структура минтая в Охотском море // Экология, запасы и промысел минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 41–56.
- Кляшторин Л.Б., Любушин А.А. 2005. Циклические изменения климата и рыбопродуктивности. М.: ВНИРО. 235 с.
- Лапинский А.Г., Прикоки О.В., Горбачев В.В. 2015. Расчёт потока генов для минтая (*Theragra chalcogramma*) Охотского моря по данным об изменчивости участков *Nd2* и *Cyt b* и контрольного региона митохондриальной ДНК // Вестник Северо-восточного научного центра ДВО РАН. № 1. С. 77–80.
- Махров А.А., Лайус Д.Л. 2018. Послеледниковое вселение рыб и миноги из Тихого океана в моря севера Европы // Сибирский экологический журнал. Т. 25. Вып. 3. С. 265–279.
- Науменко Н.И. 2001. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 330 с.
- Орлов А.М., Бензик А.Н., Ведищева Е.В., Гафицкий С.В., Горбатенко К.М., Горянина С.В., Зубаревич В.Л., Кодрян К.В., Носов М.А., Орлова С.Ю., Педченко А.П., Рыбаков М.О., Соколов А.М., Сомов А.А., Субботин С.Н., Таптыгин М.Ю., Фирсов Ю.Л., Хлебородов А.С., Чикилев В.Г. 2019. Рыбохозяйственные исследования в Чукотском море на НИС «Профессор Леванидов» в августе 2019 г.: некоторые предварительные результаты // Труды ВНИРО Т. 178. С. 206–220.
- Орлов А.М., Савин А.Б., Горбатенко К.М., Бензик А.Н., Морозов Т.Б., Рыбаков М.О., Терентьев Д.А., Ведищева Е.В., Курбанов Ю.К., Носов М.А., Орлова С.Ю. 2020. Биологические исследования в российских дальневосточных и арктических морях в трансарктической экспедиции ВНИРО // Труды ВНИРО. Т. 181. С. 102–143.
- Орлова С.Ю., Смирнова М.А., Строганов А.Н. Мухаметов И.Н., Смирнов А.А., Ток К.С., Park J.H., Орлов А.М. 2019. Филогенетическая структура тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* на основе анализа полиморфизма контрольного региона мтДНК // Генетика Т. 55. № 5. С. 531–543.
- Пушников В.В. 1987. Результаты мечения охотоморского минтая // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 202–208.

- Савенков В.В., Шпигальская Н.Ю., Варкентин А.И. Пильганчук О.А., Муравская У.О., Денисенко А.Д., Сараванский О.Н. 2018. Дифференциация минтая (*Theragra chalcogramma*) Охотского моря по микросателлитным локусам // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и Северо-западной части Тихого океана. Вып. 48. С. 5–18.
- Серобаба И.И. 1977. Сведения о популяционной структуре минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) Берингова моря // Вопросы ихтиологии. Т. 17. Вып. 2 (103). С. 247–260.
- Фадеев Н.С., Веспестад В. 2001. Обзор промысла минтая // Известия ТИНРО. Т. 128. С. 75–91.
- Чучукало В.И., Напазаков В.В. 2014. Питание и трофический статус тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* в дальневосточных морях России // Тихоокеанская треска дальневосточных вод России. М.: Изд-во ВНИРО. С. 212–233.
- Чучукало В.И., Радченко В.И., Надточий В.А., Кобликов В.Н., Слабинский А.М., Терентьев Д.А. 1996. Питание и некоторые черты экологии тресковых рыб западнокамчатского шельфа летом 1996 г. // Вопросы ихтиологии. Т. 39. № 3. С. 362–374.
- Шевченко А.И., Астафьев С.Э., Волотов В.М., Углейский И.Г. 2008. Особенности промысла минтая в дальневосточных морях и меры по его регулированию // Вопросы рыболовства. Т. 9. № 1(33). С. 244–250.
- Шевченко В.В., Датский А.В. 2014. Биозкономика использования промысловых ресурсов минтая Северной Пацифики. М.: Изд-во ВНИРО. 212 с.
- Шубина Е.А., Пономарева Е.В., Глубоков А.И. 2009. Популяционно-генетический анализ минтая *Theragra chalcogramma* (Teleostei, Gadidae) из Берингова и Охотского морей // Молекулярная биология. Т. 43. № 5. С. 918–930.
- Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных, О.С., Дулепова Е.П. 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. 426 с.
- Bae S.E., Kim E.M., Park J.Y., Kimet J.-K. 2020. Population genetic structure of the grass puffer (Tetraodontiformes: Tetraodontidae) in the northwestern Pacific revealed by mitochondrial DNA sequences and microsatellite loci. // Marine Biodiversity. V. 50. № 2. P. 1–13. <https://doi.org/10.1007/s12526-020-01042-2>
- Bailey K.M., Powers D.M., Quattro J.M., Villa G., Nishimura A., Traynor J.J., Walters G. 1999. Population ecology and structure dynamics of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) // Dynamics of the Bering Sea / Thomas R.L., Ohtani K., eds. Fairbanks: University of Alaska Sea Grant. P. 581–614.
- Bohonak A.J. 1999. Dispersal, gene flow, and population structure // The Quarterly Review of Biology. V. 74. P. 21–45.
- Bulatov O.A. 2014. Walleye pollock: global overview // Fisheries Science, V. 80. № 2. P. 109–116.
- Canino M.F., Spies I.B., Hauser L. 2005. Development and characterization of novel di- and tetranucleotide microsatellite markers in Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) // Molecular Ecology Notes. V. 5. P. 908–910.
- D'Aloia C.C., Bogdanowicz S.M., Francis R.K. Majorisa J.E., Harrison R.G., Buston P.M. 2015. Patterns, causes, and consequences of marine larval dispersal // PNAS. Vol. 112. № 45. P. 13940–13945. <https://doi.org/10.1073/pnas.1513754112>
- Dunn J.R., Matarese A.C. 1987. A review of the early life history of northeast Pacific gadoid fishes // Fishery Research. Vol. 5. P. 163–184.
- Grant W.S. 2006. Status and trends in genetic resources of capture fisheries // Workshop on Status and Trends in Aquatic Genetic Resources. Vol. 8. P. 29.
- Grant W.S., Utter F.M. 1980. Biochemical genetic variation in walleye pollock, *Theragra chalcogramma*: population structure in the southeastern Bering Sea and the Gulf of Alaska // Canadian J. of Fisheries and Aquatic Sciences Vol. 37. P. 1093–100.
- Gray M.M., Granka J.M., Bustamante C.D., Sutter N.B., Boyko A.R., Zhu L., Ostrander E.A., Wayne R.K. 2009. Linkage disequilibrium and demographic history of wild and domestic Canids // Genetics. V. 181. P. 1493–1505. <https://doi.org/10.1534/genetics.108.098830>
- Kichara K., Shimada A.M. 1988. Prey-Predator Interactions of Walleye Pollock *Theragra chalcogramma* and Water Temperature // Bulletin of the of the Japanese Society of Scientific Fisheries. V. 54. № 7. P. 1131–1135.
- Lee W.J., Conroy J., Howell W.H., Kocher T.D. 1995. Structure and evolution of teleost mitochondrial control region // Journal of Molecular Evolution. V. 41. P. 54–66.
- Livingston P.A. 1993. Importance of predation by groundfish, marine mammals and birds on walleye pollock *Theragra chalcogramma* and Pacific herring *Clupea pallasii* in the eastern Bering Sea // Marine Ecology Progress Series. V. 102. P. 205–215.
- Lyle M., Barron J., Bralower T.J. M. Huber, Lyle A.O., A.C. Ravelo, Rea D.K., Wilson P.A. 2008. Pacific Ocean and Cenozoic evolution of climate // Reviews of Geophysics. Vol. 46. RG2002.
- Maeda T. 1972. Fishing grounds of the Alaska pollock // Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. V. 38, P. 362–371.
- Mecklenburg C.W., Lynghammar A., Johannesen E., Byrkjedal I., Christiansen J. S., Dolgov A. V., Karamushko O. V., Mecklenburg T.A., Møller P.R., Steinke D., Wienerroither R.M. 2018. Marine fishes of the Arctic region. Vol. 1. Akureyri, Iceland: CAFF, 454 p.
- Okazaki T., Stevenson D.E., Kai Y. Ueda Y., Hamatsu T., Yamashita Y. 2020. Genetic population structure and demographic history of a pelagic lump sucker, *Aptocyclus ventricosus* // Environmental Biology of Fishes. Vol. 103. P. 283–289 <https://doi.org/10.1007/s10641-020-00955-y>
- Olsen J.B., Merkouris S.E., Seeb J.E. 2002. An examination of spatial and temporal genetic variation in walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) using allozyme, mitochondrial DNA, and microsatellite data // Fishery Bulletin. V. 100. P. 752–764.
- O'Reilly P.T., Canino M.F., Bailey K.M., Bentzen P. 2004. Inverse relationship between F_{ST} and microsatellite polymorphism in the marine fish, walleye pollock (*Theragra chalcogramma*): implications for resolving weak population structure // Molecular Ecology. V. 13. P. 1799–814.

- Orlov A.M., Rabazanov N.I., Nikiforov A.I. 2020. Transoceanic migrations of fishlike animals and fish: norm or exclusion? // Journal of Ichthyology. V. 60. P. 242–262. <https://doi.org/10.1134/S0032945220020125>.
- Orlova S.Y., Sergeev A.A., Shcepotov D.M., Kurnosov D.S., Chikurova E.A., Orlov A.M., Glubokovsky M.K. 2022. Polymorphism of walleye pollock *Gadus chalcogrammus* mitochondrial DNA control region in the Asiatic part of the range and its phylogeographic history // Journal of Ichthyology Vol. 62. P. 266–279. <https://doi.org/10.1134/S0032945222020126>
- Palumbi S.R. 1995. Using genetics as an indirect estimator of larval dispersal. // Ecology of Marine Invertebrate Larvae. Boca Raton, FL: CRC Press, P. 369–388.
- Shanks A.L. 2009. Pelagic larval duration and dispersal distance revisited // The Biological Bull. V. 216. P. 373–385.
- Shields G.F., Gust J.R. 1995. Lack of geographic structure in mitochondrial DNA sequences of Bering Sea walleye pollock, *Theragra chalcogramma* // Molecular Marine Biology and Biotechnology. V. 4. № 1. P. 69–82.
- Vinnikov A.V. 1996. Pacific Cod (*Gadus macrocephalus*) of the Western Bering Sea // Ecology of the Bering Sea: A Review of Russian Literature. Alaska Sea Grant College Program. Rep. No. 96–01. Fairbanks: University Alaska. P. 183–202.
- Wespestad V.G. 1993. The status of Bering Sea pollock and the effect of the «Donut Hole» fishery // Fisheries. V. 18. P. 18–24.
- White C., Selkoe K.A., Watson J., Siegel D.A., Zacherl D.C., Toonen R.J. 2010. Ocean currents help explain population genetic structure // Proceedings of the Royal Society B. V. 277. P. 1685–1694. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.2214>
- Yanagimoto T., Kitamura T., Kobayashi T. 2004. Complete nucleotide sequence and variation of mitochondrial DNA from 10 individuals of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* // Fisheries Science. V. 70. P. 885–895. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2004.00883.x>
- Bulakov O.A. 2020. Walleye pollock of the open part of the Bering Sea // Voprosy Rybolovstva. Vol. 21. Iss. 4. P. 379–395 (In Russ.).
- Glubokov A.I., Kotenev B.N. 2006. Population structure of the walleye pollock *Theragra chalcogramma* of the northern Bering Sea. Moscow: VNIRO Publish. 198 p. (In Russ.).
- Glubokovskij M.K. 1995. Evolutionary Biology of Salmonid Fishes/Moscow: Nauka. 343 p. (In Russ.).
- Zver'kova L.M. 1981. Intraspecific structure of walleye pollock in the Sea of Okhotsk // Ecology, Stocks, and Fishing of Walleye Pollock. Vladivostok: TINRO Publish. P. 41–56 (In Russ.).
- Klyashtorin L.B., Lyubushin A.A. 2005. Cyclical changes in climate and fish productivity. Moscow: VNIRO Publish. 235 p. (In Russ.).
- Lapinskij A.G., Prikoki O.V., Gorbachev V.V. 2015. Calculation of gene flow for Sea of Okhotsk walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) according to data on the variability of *Nd2* and *Cyt b* sites and the control region of mitochondrial DNA // Vestnik Severo-Vostochnogo Nauchnogo Centra DVO RAN. № 1. P. 77–80 (In Russ.).
- Makhrov A.A., Lajus D.L. 2018. Postglacial colonization of the North European seas by Pacific fishes and lamprey // Contemporary Problems of Ecology. V. 25. № 3. P. 247–258 (In Russ.).
- Naumenko N.I. 2001. Biology and Fishing of Sea Herring of the Far East. Petropavlovsk-Kamchatskij: Kamchatskij Pechatnyj Dvor. 330 p. (In Russ.).
- Orlov A.M., Benzik A.N., Vedishcheva E.V., Gafitsky S.V., Gorbatenko K.M., Goryanina S.V., Zubarevich V.L., Kodryan K.V., Nosov M.A., Orlova S.Yu., Pedchenko A.P., Rybakov M.O., Sokolov A.M., Somov A.A., Subbotin S.N., Taptugin M.Yu., Firsov Yu.L., Khleborodov A.S., Chikilev V.G. 2019. Fisheries research in the Chukchi Sea at the RV «Professor Levanidov» in August 2019: some preliminary results // Trudy VNIRO Vol. 178. P. 206–220 (In Russ.).
- Orlov A.M., Savin A.B., Gorbatenko K.M., Benzik A.N., Morozov T.B., Rybakov M.O., Terentiev D.A., Vedishcheva E.V., Kurbanov Yu.K., Nosov M.A., Orlova S.Yu. 2020. Biologicheskie issledovaniya v rossijskikh dal'nevostochnyh i arkticheskikh moryah v transarkticheskoy ekspedicii VNIRO [Biological studies in the Russian Far Eastern and Arctic seas in the VNIRO Transarctic expedition] // Trudy VNIRO. Vol. 181. P. 102–143 (In Russ.).
- Orlova S.Yu., Smirnova M.A., Stroganov A.N., Mukhametov I.N., Smirnov A.A., Tok K.S., Park J.H., Orlov A.M. 2019. Population structure and microevolution of Pacific cod *Gadus macrocephalus* based on the analysis of the control region (mtDNA) polymorphism // Russian Journal of Genetics Vol. 55. № 5. P. 531–543 (In Russ.).
- Pushnikov V.V. 1987. Results of tagging of the Sea of Okhotsk walleye pollock // Population Structure, Dynamics of Abundance, and Ecology of Walleye Pollock. Vladivostok: TINRO Publish. P. 202–208 (In Russ.).
- Savenkov V.V., Shpigal'skaya N.Yu., Varkentin A.I., Pilganchuk O.A., Muravskaya U.O., Denisenko A.D., Saravansky O.N. 2018. Differentiation of the Sea of Okhotsk walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) by microsatellite loci // Issledovaniya Vodnyh Biologicheskikh Resursov

REFERENCES

- Balykin P.A. 1986. Walleye pollock fecundity in the western part of the Bering Sea // Voprosy Ikhtologii. V. 26. Is. 1. P. 164–168 (In Russ.).
- Balykin P.A. 2007. On interspecific relations of Pacific cod and walleye pollock // Issledovaniya Vodnyh Biologicheskikh Resursov Kamchatki i Severo-zapadnoj Chasti Tihogo Okeana. Iss. 9. P. 230–234 (In Russ.).
- Balykin P.A., Zolotov A.O. 2010. Interspecific relations of hydrobionts as a factor of population dynamics // Issledovaniya Vodnyh Biologicheskikh Resursov Kamchatki i Severo-zapadnoj Chasti Tihogo Okeana. Iss. 17. P. 24–29 (In Russ.).
- Bulakov O.A. 2003. Fishing and stocks of walleye pollock of the Bering Sea // Analiticheskaya i Referativnaya Informaciya VNIERH. «Seriya Ekonomika, Informacii i Upravlenie Promyslom». Iss. 2. P. 101–114 (In Russ.).
- Bulakov O.A. 2015. On the methodology of walleye pollock stock forecasting and fishing strategy // Trudy VNIRO. V. 157. P. 45–70 (In Russ.).

- Kamchatki i Severo-Zapadnoj Chasti Tikhogo Okeana. Iss. 48. P. 5–18 (In Russ.).
- Serobaba I.I. 1977. Information about the population structure of the Bering Sea walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Pallas) // Voprosy Ikhtiologii. Vol. 17. Iss. 2 (103). P. 247–260 (In Russ.).
- Fadeev N.S., Vespestad V. 2001. Overview of walleye pollock fishery // Izvestiya TINRO. V. 128. P. 75–91 (In Russ.).
- Chuchukalo V.I., Napazakov V.V. 2014. Feeding and trophic status of the Pacific cod *Gadus macrocephalus* in the Far Eastern seas of Russia // Pacific Cod of the Far Eastern Waters of Russia. Moscow: VNIRO Publish. P. 212–233 (In Russ.).
- Chuchukalo V.I., Radchenko V.I., Nadtochij V.A., Koblikov V.N., Slabinsky A.M., Terentev D.A. 1996. Feeding and some features of the ecology of cod fish of the Western Kamchatka shelf in the summer of 1996 // Voprosy Ikhtiologii. V. 39. № 3. P. 362–374 (In Russ.).
- Shevchenko A.I., Astafiev S.E., Volotov V.M., Uglejskij I.G. 2008. Features of walleye pollock fishing in the Far Eastern seas and measures to regulate it // Voprosy Rybolovstva. V. 9. № 1(33). P. 244–250 (In Russ.).
- Shevchenko V.V., Datskij A.V. 2014. Bioeconomics of the Use of Commercial Walleye Pollock Resources of the North Pacific. Moscow: VNIRO Publish. 212 p. (In Russ.).
- Shubina E.A., Ponomareva E.V., Glubokov A.I. 2009. Population genetic structure of walleye pollock *Theragra chalcogramma* (Gadidae, Pisces) from the Bering Sea and Sea of Okhotsk // Molecular Biology. V. 43. № 5. P. 855–866 (In Russ.).
- Shuntov V.P., Volkov A.F., Temnyh, O.S., Dulepova E.P. 1993. Walleye Pollock in the Ecosystems of the Far Eastern Seas. Vladivostok: TINRO Publish. 426 p. (In Russ.).
- Bae S.E., Kim E.M., Park J.Y., Kimet J.-K. 2020. Population genetic structure of the grass puffer (Tetraodontiformes: Tetraodontidae) in the northwestern Pacific revealed by mitochondrial DNA sequences and microsatellite loci. // Marine Biodiversity. V. 50. № 2. P. 1–13. <https://doi.org/10.1007/s12526-020-01042-2>
- Bailey K.M., Powers D.M., Quattro J.M., Villa G., Nishimura A., Traynor J.J., Walters G. 1999. Population ecology and structure dynamics of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) // Dynamics of the Bering Sea / Thomas R.L., Ohtani K., eds. Fairbanks: University of Alaska Sea Grant. P. 581–614.
- Bohonak A.J. 1999. Dispersal, gene flow, and population structure // The Quarterly Review of Biology. V. 74. P. 21–45.
- Bulatov O.A. 2014. Walleye pollock: global overview // Fisheries Science, V. 80. № 2. P. 109–116.
- Canino M.F., Spies I.B., Hauser L. 2005. Development and characterization of novel di- and tetranucleotide microsatellite markers in Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) // Molecular Ecology Notes. V. 5. P. 908–910.
- D'Aloia C.C., Bogdanowicz S.M., Francis R.K., Majorisa J.E., Harrison R.G., Buston P.M. 2015. Patterns, causes, and consequences of marine larval dispersal // PNAS. V. 112. № 45. P. 13940–13945. <https://doi.org/10.1073/pnas.1513754112>
- Dunn J.R., Matarese A.C. 1987. A review of the early life history of northeast Pacific gadoid fishes // Fishery Research. Vol. 5. P. 163–184.
- Grant W.S. 2006. Status and trends in genetic resources of capture fisheries // Workshop on Status and Trends in Aquatic Genetic Resources. Vol. 8. P. 29.
- Grant W.S., Utter F.M. 1980. Biochemical genetic variation in walleye pollock, *Theragra chalcogramma*: population structure in the southeastern Bering Sea and the Gulf of Alaska // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences Vol. 37. P. 1093–100.
- Gray M.M., Granka J.M., Bustamante C.D., Sutter N.B., Boyko A.R., Zhu L., Ostrander E.A., Wayne R.K. 2009. Linkage disequilibrium and demographic history of wild and domestic Canids // Genetics. V. 181. P. 1493–1505. <https://doi.org/10.1534/genetics.108.098830>
- Kichara K., Shimada A.M. 1988. Prey-Predator Interactions of Walleye Pollock *Theragra chalcogramma* and Water Temperature // Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. V. 54. № 7. P. 1131–1135.
- Lee W.J., Conroy J., Howell W.H., Kocher T.D. 1995. Structure and evolution of teleost mitochondrial control region // Journal of Molecular Evolution. V. 41. P. 54–66.
- Livingston P.A. 1993. Importance of predation by groundfish, marine mammals and birds on walleye pollock *Theragra chalcogramma* and Pacific herring *Clupea pallasii* in the eastern Bering Sea // Marine Ecology Progress Series. V. 102. P. 205–215.
- Lyle M., Barron J., Bralower T.J., M. Huber, Lyle A.O., A.C. Ravelo, Rea D.K., Wilson P.A. 2008. Pacific Ocean and Cenozoic evolution of climate // Reviews of Geophysics. Vol. 46. RG2002.
- Maeda T. 1972. Fishing grounds of the Alaska pollock // Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries. V. 38, P. 362–371.
- Mecklenburg C.W., Lynghammar A., Johannesen E., Byrkjedal I., Christiansen J. S., Dolgov A. V., Karamushko O. V., Mecklenburg T.A., Møller P.R., Steinke D., Wienerroither R.M. 2018. Marine fishes of the Arctic region. V. 1. Akureyri, Iceland: CAFF, 454 p.
- Okazaki T., Stevenson D.E., Kai Y., Ueda Y., Hamatsu T., Yamashita Y. 2020. Genetic population structure and demographic history of a pelagic lump sucker, *Aptocyclus ventriosus* // Environmental Biology of Fishes. V. 103. P. 283–289 <https://doi.org/10.1007/s10641-020-00955-y>
- Olsen J.B., Merkouris S.E., Seeb J.E. 2002. An examination of spatial and temporal genetic variation in walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) using allozyme, mitochondrial DNA, and microsatellite data // Fishery Bulletin. V. 100. P. 752–764.
- O'Reilly P.T., Canino M.F., Bailey K.M., Bentzen P. 2004. Inverse relationship between F_{ST} and microsatellite polymorphism in the marine fish, walleye pollock (*Theragra chalcogramma*): implications for resolving weak population structure // Molecular Ecology. V. 13. P. 1799–814.
- Orlov A.M., Rabazanov N.I., Nikiforov A.I. 2020. Transoceanic migrations of fishlike animals and fish: norm or exclusion? // Journal of Ichthyology. V. 60. P. 242–262. <https://doi.org/10.1134/S0032945220020125>.

- Orlova S. Y., Sergeev A. A., Shcepotov D. M., Kurnosov D. S., Chikurova E. A., Orlov A. M., Glubokovsky M. K. 2022. Polymorphism of walleye pollock *Gadus chalcogrammus* mitochondrial DNA control region in the Asiatic part of the range and its phylogeographic history // Journal of Ichthyology V. 62. P. 266–279. <https://doi.org/10.1134/S0032945222020126>
- Palumbi S.R. 1995. Using genetics as an indirect estimator of larval dispersal. // Ecology of Marine Invertebrate Larvae. Boca Raton, FL: CRC Press, P. 369–388.
- Shanks A.L. 2009. Pelagic larval duration and dispersal distance revisited // The Biological Bull. V. 216. P. 373–385.
- Shields G.F., Gust J.R. 1995. Lack of geographic structure in mitochondrial DNA sequences of Bering Sea walleye pollock, *Theragra chalcogramma* // Molecular Marine Biology and Biotechnology. V. 4. № 1. P. 69–82.
- Vinnikov A. V. 1996. Pacific Cod (*Gadus macrocephalus*) of the Western Bering Sea // Ecology of the Bering Sea: A Review of Russian Literature. Alaska Sea Grant College Program. Rep. No. 96–01. Fairbanks: University Alaska. P. 183–202.
- Wespestad V.G. 1993. The status of Bering Sea pollock and the effect of the «Donut Hole» fishery // Fisheries. V. 18. P. 18–24.
- White C., Selkoe K.A., Watson J., Siegel D.A., Zacherl D.C., Toonen R.J. 2010. Ocean currents help explain population genetic structure // Proceedings of the Royal Society B. V. 277. P. 1685–1694. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.2214>
- Yanagimoto T., Kitamura T., Kobayashi T. 2004 Complete nucleotide sequence and variation of mitochondrial DNA from 10 individuals of walleye pollock, *Theragra chalcogramma* // Fisheries Science. V. 70. P. 885–895. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2004.00883.x>

Поступила в редакцию 21.10.2022 г.
Принята после рецензии 31.10.2022 г.



Рыболовство

Особенности технологии промысла минтая

С.Э. Астафьев¹, В.А. Татарников¹, И.Г. Истомин¹, В.В. Акишин¹, В.М. Волотов²

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

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

E-mail: astafiev@vniro.ru

Целью работы является исследование особенностей специализированного промысла минтая в северной части Тихого океана. Выявление путей повышения селективности специализированного промысла минтая.

Используемые методы: особенности специализированного промысла минтая в северной части Тихого океана исследовались путём анализа нормативных документов, регулирующих промысел в России, США и Канаде. Исследование селективности специализированного промысла минтая и путей её повышения выполнялось методом анализа результатов экспериментальных работ на промысле минтая.

Новизна: получены материалы о селективности специализированного промысла минтая российскими рыбаками. Предложены методы повышения селективности специализированного промысла минтая.

Результат: выявлено несоответствие параметров траловых мешков требованиям правил ведения промысла в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне по прилову рыб непромысловой длины.

Практическая значимость: полученные материалы позволили утверждать, что для добычи (вылова) минтая в северной части Тихого океана, удовлетворяющей требованиям правил ведения промысла в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне существует ряд путей: увеличение размера ячеей в траловом мешке до 120 мм и более, применение в траловом мешке ячеей с посадкой «Т90», применение в траловом мешке гибких селективных устройств.

Ключевые слова: минтай *Gadus chalcogrammus*, селективность, траловый мешок, промысловый трал, специализированный трал.

Features of pollock fishing technology

Sergey E. Astafiev¹, Vyacheslav A. Tatarnikov¹, Ivan G. Istomin¹, Vladimir V. Akishin¹, Viktor M. Volotov²

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

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

The purpose of the work is to study the features of specialized pollock fishing in the North Pacific Ocean. Identification of ways to increase the selectivity of specialized pollock fishing.

Methods used: features of specialized pollock fishing in the North Pacific Ocean were investigated by analyzing regulatory documents governing fishing in Russia, the USA and Canada. The study of the selectivity of specialized pollock fishing and ways to increase it was carried out by analyzing the results of experimental work on the pollock fishing.

Novelty: materials were obtained on the selectivity of specialized pollock fishing by Russian fishermen. Methods are proposed to increase selectivity of specialized pollock fishery.

Result: non-compliance of trawl bag parameters with the requirements of fishing rules in the Far Eastern fishery basin for by-catch of fish of non-mental length was revealed.

Practical significance: the obtained materials made it possible to assert that for the extraction (catch) of pollock in the North Pacific Ocean, which meets the requirements of fishing rules in the Far Eastern Fisheries Basin, there are a number of ways: an increase in the mesh size in a trawl bag to 120 mm or more, use in a trawl bag and with the landing of “T90,” use in a trawl bag flexible selective devices.

Keywords: walleye pollock *Gadus chalcogrammus*, selectivity, trawl bag, commercial trawl, specialized trawl.

ВВЕДЕНИЕ

Минтай (*Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814) — является важным объектом промысла как в российском, так и в мировом рыболовстве как по объёмам вылова, так и по вовлечению в него большого количества единиц добывающего флота.

На современном этапе наиболее широкомасштабный промысел минтая в северной части Тихого океана

ведётся Россией, США и Канадой. Этими странами осуществляется примерно 90% от общего вылова минтая в Северной части Тихого океана¹. В меньших масштабах промысел минтая ведут азиатские страны: Япония, Китай, Республика Корея.

¹ Неизвестный минтай. М.: PressPass, 2020. 156 с. https://russianfishery.ru/upload/pdf/MINTAI-book_14.pdf. 20.04.2022.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ПРОМЫСЕЛ МИНТАЯ

Российский промысел минтая в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне регулируется положениями Федерального закона Российской Федерации «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов»² и Правилами рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна³ (далее – Правила).

В целях сохранения запасов минтая и предотвращения прилова рыб менее промыслового размера Правилами оговорены запрещённые районы глубины и сроки для добычи (вылова) минтая (п. 24.1; 24.8 и 28.1). Запрещено применять при специализированном промысле минтая во всех районах добычи (вылова): донные тралы; разноглубинные тралы с двухслойными траловыми мешками, приспособлениями, которые могут перекрыть ячею или уменьшить её размер; разноглубинные тралы без цилиндрической селективной вставки с квадратным расположением ячеи, изготовленной из одного слоя дели и устанавливаемой между мотённой частью трала и траловым мешком (п. 32.4). Внутренний размер ячеи сетного полотна разноглубинного трала, тралового мешка и селективной вставки, изготовленной из капрона (нейлона), должен составлять не менее 100 мм, изготовленной из других материалов и монопоней, – не менее 110 мм.

При специализированном промысле допускается прилов минтая менее промыслового размера (молди) (п. 38.1), который равен 35 см (п. 36) во всех районах в количестве не более 20% по счёту за одно траление от улова данного объекта добычи (вылова) (за исключением ряда районов).³

Под промысловым размером понимается промысловая длина (AD), равная расстоянию от конца рыла до окончания чешуйчатого покрова на хвосте.

ПРОМЫСЕЛ МИНТАЯ В США

Другие принципы организации добычи (вылова) минтая в северной части Тихого океана осуществляются рыбопромышленниками США и Канады.

С 1999 г. по настоящее время промысел минтая проходит в соответствии с Законом о рыболовстве 1998 г. (The American Fisheries Act – AFA), который

обеспечивает стабилизацию экономической и социальной ситуации в отрасли за счёт рациональной организации минтаевого промысла, чёткого управления и жёсткой системы контроля⁴.

Взамен ранее существовавшей олимпийской системы вылова введены квоты на вылов, которые распределяются следующим образом:

Десять процентов (10%) выделяются на развитие аборигенов Западной Аляски, после чего оставшаяся часть распределяется между тремя секторами промысла минтая следующим образом:

- 50% – береговым предприятиям, вылов для которых обеспечивается траулерами-ловцами;

- 40% – траулерам-процессорам (20 ед.), которым законодательно разрешен промысел минтая, и семи траулерам-ловцам, которые ранее ловили и передавали свой улов траулерам-процессорам;

- 10% – плавбазам, точнее, тем 19 траулерам-ловцам, которые обеспечивают вылов минтая, передаваемого на обработку трём плавбазам.

Распределение вылова между сезонами икрного и неикрного минтая определено как 40% к 60%.

Законом определён перечень 20 траулеров-процессоров и 26 траулеров-ловцов, которые имеют право вести промысел в открытом море с передачей улова на траулеры-процессоры (7 судов) и на плавбазы (19 судов). При этом оговорено, что на промысле одновременно не могут находиться более 15 траулеров-процессоров в икрный сезон и 14 траулеров-процессоров – в неикрный сезон. Остальные траулеры-процессоры являются резервными, которые могут выходить на промысел только в том случае, если их численность не превысит указанную.

Все участники промысла по секторам должны организовать кооперативы, которым и выделяются указанные выше квоты. Уже сами участники кооперативов распределяют выделенную для них квоту как персональную между судами, придерживаясь, в основном, истории предшествующего промысла, после чего участники имеют право перераспределять квоту между собой. Отказ от участия в кооперативе лишает компанию права ведения промысла минтая.

Контроль за использованием квоты на вылов минтая очень жёсткий и многоступенчатый.

Во-первых, в США и Канаде отказались от системы учёта вылова по выходу продукции ввиду отсутствия стимула к рациональному расходованию улова и перешли на прямой учёт вылова. Количество всего выловленного сырца определяется установленными на

² Федеральный закон Российской Федерации 20 декабря 2004 г. № 166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов». <http://pravo.gov.ru/proxy/>. 19.04.2022.

³ Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 23 мая 2019 г. № 267 «Об утверждении правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна» (с изменениями на 20 июля 2020 г.). <https://base.garant.ru/72261446/>. 20.04.2022.

⁴ Калмыков Б.А. Промысел минтая в США. <http://www.fishnet.ru/news/novosti/21305.html/>. 19.04.2022.

судах электронными конвейерными весами, информация от которых через интернет незамедлительно и автоматически передаётся на сайт National Marine Fisheries Service (NMFS), где она через 15–20 минут доступна всем заинтересованным сторонам⁵.

Во-вторых, на каждом траулере постоянно находятся два федеральных инспектора, которые подтверждают величину вылова, в том числе и дополнительно за счёт обмера каждого поднятого на борт мешка с уловом, и следят за соблюдением других правил и ограничений.

Следует заметить, что присутствие наблюдателей на борту судна увеличивает затраты рыбопромышленников на мониторинг вылова. Для того, чтобы свести к минимуму расходы на мониторинг и устранить неопределённость, которая может возникнуть при наблюдении людьми, Midwater Trawlers Cooperative (MTC) активно используют электронные системы мониторинга EMS (Electronic Monitoring Systems). Начиная с 2019 года, EMS применяются на промысле минтая на Аляске.⁶

В-третьих, Ассоциация (At-sea Processors Association – APA) оплачивает услуги частной компании, которая для них и для National Marine Fisheries Service (NMFS) выполняет ежедневно анализ достоверности сведений, получаемых от траулеров-процессоров.

В-четвертых, Ассоциация ежегодно готовит отчёт по согласованной форме о деятельности и публикует его в интернете, т. е. со свободным доступом со стороны каждого гражданина, предварительный – в декабре, окончательный – в январе года, следующего за отчётным.

Кроме того, в контрактах членов Ассоциации предусмотрены очень жёсткие штрафы за перелов выделенной им индивидуальной квоты или сокрытие информации о вылове⁶.

Правительство и вообще чиновники освобождены от определения и распределения индивидуальных квот, т. к. это распределение выполняется самими членами Ассоциации «единодушно или почти единодушно», как выразился вице-президент Ассоциации на слушаниях в Конгрессе США⁶.

Закон сохранил и даже усилил право участия в промысле минтая и получения финансовых поступлений от промысла преимущественно американскими гражданами и американским государством (прежде всего, штатом Аляска, в зоне которого располагаются все промысловые запасы и зоны промысла)⁶.

В Северной части Тихого океана в федеральных водах (3–200 морских миль) промысел минтая находится под управлением Северо-Тихоокеанского совета по управлению рыболовством (NPFMC; «the Council») и Национального управления океанических и атмосферных исследований (NOAA) Национальной службы морского рыболовства (NMFS) и в водах штата (0–3 морских мили) – под управлением Департамента рыболовства и дичи Аляски (ADFG) и Совета по рыболовству (BOF). В федеральных водах промысел минтая регулируется в соответствии с Планами управления промыслом донной рыбы (FMP) Совета в заливе Аляска (GOA) и Беринговом море и Алеутских островах (BSAI), разработанными в соответствии с Законом Магнусона-Стивенса об охране и управлении рыболовством (MSFCMA или MSA). Промысел минтая в проливе Принца Уильяма (PWS) регулируется с использованием рекомендуемого уровня вылова (GHL), установленного в процентах от федерального допустимого биологического улова (ABC) GOA. Береговая охрана США (USCG), Управление правоохранительных органов NMFS (OLE), Служба охраны дикой природы Аляски (AWT) и замещающий персонал ADFG обеспечивают соблюдение правил рыболовства в федеральных водах и водах штата, соответственно.

Программа квот на развитие сообщества (CDQ) была создана NPFMC в 1992 году, чтобы предоставить сообществам западной Аляски возможность участвовать в рыболовстве BSAI. В радиусе пятидесяти миль от береговой линии участвуют 65 сообществ, в рамках которых распределяются квоты BSAI на минтая, а также на другие виды⁷.

Все суда рыболовного флота AFA для специализированного промысла минтая используют разноглубинные тралы.

Рыбаками США и Канады на промысле минтая применяются различные конструкции разноглубинных тралов, каждая из которых унифицирована. Размеры и параметры тралов зависят от мощности судна, на котором ведут добычу (вылов) минтая.

ОСОБЕННОСТИ ПРОМЫСЛА МИНТАЯ РОССИЙСКИМИ РЫБАКАМИ

В настоящее время регулирование добычи (вылова) минтая российскими рыбаками основано на принципе обеспечения селективности промысла. При селективном промысле сохраняется молодь рыб, ко-

⁵ Промысел в США. http://ruspelagic.ru/promysel_v_ssha. 21.03.2022.

⁶ The Case for Electronic Monitoring Systems <https://www.midwatertrawlers.org/the-case-for-electronic-monitoring-systems/> 15.04.2022.

⁷ Bostrome Scarcella 2021 Gulf of Alaska and Bering Sea and Aleutian Islands Pollock Fisheries Surveillance No. 3 <https://rfmcertification.org/wp-content/uploads/2021/06/Form-C5-CERT-019-RFM-V1.3-Surveillance-report-pollock-final.pdf>. 22.04.2022.

торая в последующие годы, увеличивая биомассу, пополняет промысловый запас [Трещёв, 1974].

Селективность промысла разделяется на селекцию, обусловленную особенностями ведения промысла и промыслово-биологическими особенностями объектов лова, и селекцию используемых на промысле орудий лова. Способы промысла и промыслово-биологические особенности объектов лова лежат в основе его «внешней» селективности. Селективность орудий лова и, в частности, траловых мешков, является «внутренней» селективностью рыболовства. В настоящее время промысел минтая на Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне регулируется мерами «внутренней» селективности рыболовства.

Внутренняя селективность орудий добычи (вылова) обеспечивается размером и формой ячеи в аккумулярующих частях и характеризуется графиком селективности, величиной 50%-ного отбора рыб ($l_{50\%}$), диапазоном селективности (d_s) и процентным соотношением содержания рыб непромысловой длины.

Длина рыб при 50%-ном отборе (уровень селективности) — это такая длина, при которой 50% рыб отсеиваются орудием и 50% улавливаются [Трещёв, 1974]. Диапазон селективности численно равен разности величины длины рыб при 75%-ном отборе ($l_{75\%}$) и величины длины рыб при 25%-ном отборе ($l_{25\%}$). Чем меньше эта разность, тем лучше селективные качества ячей в аккумуляющей части.

Параметры избирательных свойств устройств, состоящих из тралового мешка и селективной вставки

Исследования по эффективности применения селективной вставки с квадратным расположением ячеей проводились путём сравнения показателей уловов тралом с мелкоячейным траловым мешком, обе-

спечивающим улов рыб всех возрастных групп скопления, тралом с размером ячеи в траловом мешке 100 мм без селективной вставки и тралом с размером ячеи в траловом мешке 100 мм и с селективной вставкой.

Графики селективности представлены на рис. 1.

Средний размер минтая в уловах мешка с селективной вставкой был на 6,0 см, а без селективной вставки всего на 3,4 см больше, чем в контрольном траловом мешке. Прилов рыб непромысловой длины уменьшается на 29,8% при работе экспериментальным траловым мешком с селективной вставкой и на 12,4% без селективной вставки по сравнению с уловами контрольного мешка. Сравнивая уровни селективности ($l_{50\%}$) и величины уловов промысловых рыб, можно заметить, что использование селективной вставки ведёт как к повышению селективного уровня, так и к значительной потере рыб промысловых размеров, которые составляют 11,8 т на час траления.

При идентичных условиях промысла использование селективной вставки совместно с траловым мешком приводит к снижению диапазона селективности с 7,1 см до 4,8 см и увеличению уровня селективности с 32,2 см до 38,5 см.

Полученные данные показали, что применение на промысле минтая траловых мешков из капрона с внутренним размером ячеей 100 мм совместно с цилиндрической селективной вставкой соответствуют требованиям правил рыболовства по прилову рыб непромысловой длины.

Однако, специалисты Камчатского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО») [Майсс, Малых, 2018] отмечали низкую эффективность работы селективной вставки с квадратным («зеркальным») расположением ячеей, применяемой на траловом промысле минтая. Обнаружено, что при применении селективной

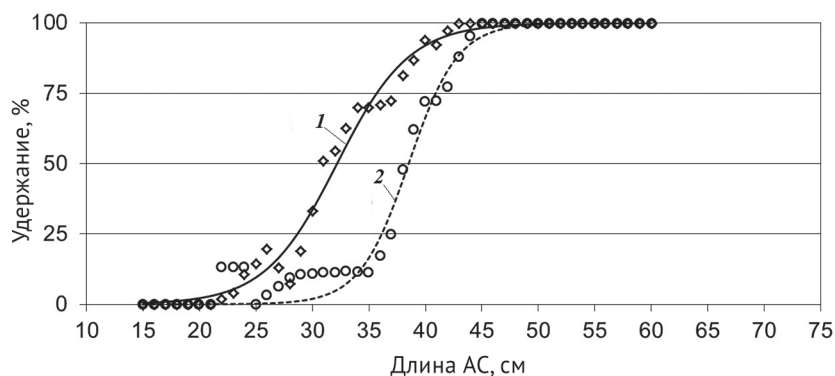


Рис. 1. Графики селективности капроновых траловых мешков с внутренним размером ячеей 100 мм: 1 — без селективной вставки; 2 — с селективной вставкой

Fig. 1. Selectivity graphs of nylon trawl bags with an internal mesh size of 100 mm: 1 — without a selective insert; 2 — with a selective insert

вставки вместе с молодью сквозь ячей вставки выходили и промысловые особи длиной до 43 см. Таким образом, параметры селективной вставки, предназначенной для выпуска молоди минтая из трала, установленные в 1998 году, не соответствуют биометрическим характеристикам минтая и не обеспечивают необходимый для рациональной эксплуатации запасов минтая уровень селективности тралов и промысла. Вследствие этого необходимо пересмотреть меры регулирования прилова молоди минтая и продолжить исследование селективных свойств тралового промысла минтая.

Таким образом, проведённые экспериментальные работы показывают, что использование на специализированном промысле минтая разрешённых Правилами рыболовства траловых мешков с селективной вставкой не решает возникающих проблем и не обеспечивает ведение рационального промысла.

Факторы, влияющие на внутреннюю селективность промысла

Размер рыб, которым определяется возможность их ухода через ячей определённого размера, есть максимальный периметр их поперечного сечения (обхват) [Трещёв, 1974]. Отсев определяется соотношением между размером (обхватом) рыбы и периметром (внутренним размером) ячеей, через которую она пытается пройти. Так же на прохождение рыб сквозь ячейку влияют ширина и высота тела рыб в районе максимального обхвата.

Для определения возможности выхода минтая сквозь ячей сетной оболочки были определены зависимости общей длины минтая (L_{AB}), промысловой длины минтая (L_{AD}), обхвата тела минтая в максимальном сечении и за жаберными крышками; высоты и ширины тела минтая в максимальном сечении и за жаберными крышками от длины минтая по Смиту (L_{AC}), которую возможно измерить точнее по сравнению с другими длинами.

Полученные закономерности между длиной и вышеперечисленными биометрическими параметрами послужили для ориентировочных расчётов избирательности орудий лова и были применены для определения длины минтая, способного пройти сквозь ячей тралового мешка при различных коэффициентах раскрытия ячеей. Для этого использовалась теория прохождения рыб сквозь ячей тралового мешка, разработанная А.И. Шевченко [2004].

В результате было получено, что при установленном Правилами рыболовства внутреннем размере ячеей тралового мешка 100 мм и коэффициенте раскрытия 0,5 максимальная длина минтая по Смиту,

способного пройти сквозь ячей, равна 34 см и соответствует промысловой длине 32 см. Таким образом, мешком удерживаются рыбы непромысловой длины, что не отвечает требованиям Правил рыболовства. Установленная Правилами промысловая длина 35 см соответствует длине по Смиту, равной 37,7 см. Рыба промысловой длины 35 см способна выйти только сквозь ячейку не менее 120 мм при коэффициенте раскрытия ячеей от 0,55 до 0,65.

Одним из основных вопросов, возникающих при рассмотрении выхода непромыслового минтая сквозь ячей тралового мешка, является выживаемость. рядом исследований [Ефанов, 1978; Трещёв и др., 1985; Шевченко, 2004] доказано, что подавляющее большинство рыб, ушедших сквозь ячей тралового мешка, выживает.

Результаты исследования селективности траловых мешков с различными размерами ячеей

На промысле минтая российскими рыбаками используются траловые мешки, изготовленные из двух видов сетематериалов: капрона с внутренним размером ячеей 100 мм и мононитей с внутренним размером ячеей 110 мм. Для оценки соответствия конструктивных особенностей траловых мешков требованиям пункта 38.1 Правил рыболовства по допустимому прилову рыб непромысловой длины были проведены экспериментальные работы по исследованию влияния конструктивных параметров траловых мешков на селективность лова.

Исследования проводились по методике чередующихся тралений, использовалось рыболовное судно со схемой работы орудий добычи (вылова) на промысловой палубе по системе «Дубль». Экспериментальные траления проводились поочерёдно двумя однотипными тралами, расположенными по разным бортам, оснащёнными траловыми мешками, изготовленными из мононити или капрона с экспериментальными размерами ячеей. Траловый мешок разноглубинного трала с одного борта оснащался мелкочечной вставкой — данный мешок являлся контрольным и был предназначен для облова всего спектра размерного состава минтая, представленного в облавливаемом скоплении. Трал с другого борта оснащался траловым мешком, селективность которого исследовалась. Сбор данных по селективности осуществлялся посредством проведения серии из 10 тралений поочерёдно с контрольным и селективным траловыми мешками. Траления выполнялись на стабильных скоплениях минтая. При проведении экспериментальных тралений по селективности соблюдался следующий алгоритм.

Предполагалось, что размерный состав улова контрольного мешка с мелкаячейной вставкой соответствует размерному составу облавливаемого скопления. Таким образом, сравнивая размерный состав уловов из тралов с контрольным и экспериментальными траловыми мешками, определялись различия их избирательных качеств и оценивалось количество вышедшей сквозь ячейу исследуемого мешка рыбы того или иного размера.

Для определения селективности тралового мешка после сравнения размерных составов уловов строились графики селективности тралового мешка, по которым определялись значения длины 50%-ного удержания рыб (селективный уровень) и диапазон селективности.

Критериями оценки влияния отбирающей способности тралового мешка при промысле минтая являлись: селективный уровень промысла ($l_{50\%}$), средняя длина рыб в улове и доля прилова рыб непромысловых размеров.

При определении селективности траловых мешков исследовались траловые мешки, изготовленные из мононитей, с внутренними размерами ячей 110 и 120 мм и из капрона с внутренним размером ячей 100 и 110 мм.

Графики селективности траловых мешков из мононитей с внутренними размерами ячей 110 и 120 мм представлены на рис. 2.

В траловом мешке с внутренним размером ячей 110 мм средний размер минтая в уловах был на 3,8 см больше, а прилов непромыслового минтая — на 21,3% меньше, чем в уловах контрольного мешка.

В траловом мешке с внутренним размером ячей 120 мм характеристики его уловов в сравнении с контрольным мешком составляли следующие величины: средний размер был больше на 4,5 см, прилов непромыслового минтая уменьшался на 30,2%, и средний улов уменьшался в 1,4 раза. Содержание промысловых рыб увеличилось всего на 9,0%.

Можно заметить, что с увеличением размера ячей увеличивается уровень селективности промысла и снижается процентное содержание рыб промысловых размеров по сравнению с облавливаемым скоплением.

Действующим ограничительным мером отвечает только работа тралового мешка из мононити с внутренним размером 118 мм на крупноразмерных скоплениях минтая, где прилов был менее 20% (3,3%), но при этом происходила большая потеря рыб промысловых размеров.

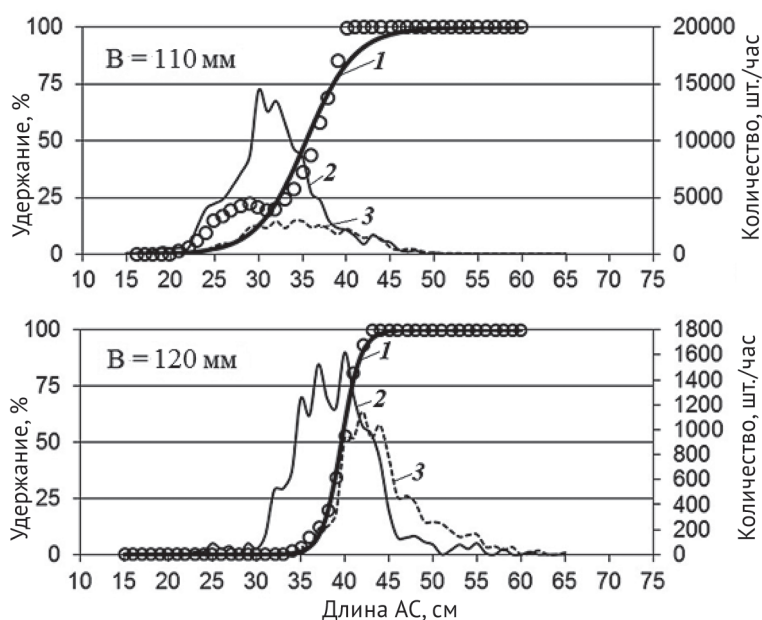


Рис. 2. Графики селективности траловых мешков из мононити с различным внутренним размером ячей (В) и размерный состав уловов контрольного и экспериментального мешков: 1 — кривая селективности; 2 — размерный состав уловов контрольного мешка; 3 — размерный состав уловов экспериментального мешка

Fig. 2. Selectivity graphs of monofilament trawl bags with different internal mesh size (B) and the size composition of the catches of the control and experimental bags: 1 — selectivity curve; 2 — size composition of the catches of the control bag; 3 — size composition of the catches of the experimental bag

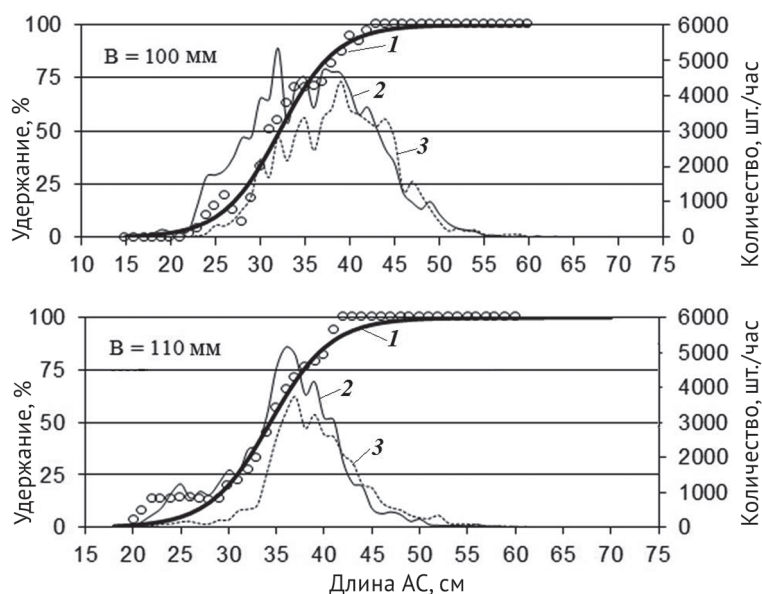


Рис. 3. Графики селективности капроновых траловых мешков с различным внутренним размером ячеи (В) и размерный состав уловов контрольного и экспериментального мешков: 1 — кривая селективности; 2 — размерный состав уловов контрольного мешка; 3 — размерный состав уловов экспериментального мешка

Fig. 3. Selectivity graphs of nylon trawl bags with different internal mesh size (B) and the size composition of the catches of the control and experimental bags: 1 — selectivity curve; 2 — size composition of the catches of the control bag; 3 — size composition of the catches of the experimental bag

Графики селективности траловых мешков из капрона с внутренними размерами ячеи 100 и 110 мм представлены на рис 3.

В траловом мешке с внутренним размером ячеи 100 мм средний размер минтая в уловах был на 3,4 см больше, а прилов непромыслового минтая — на 22,4% меньше, средний улов уменьшался на 15,3 т/ч, по сравнению с уловами контрольным мешком.

В траловом мешке с внутренним размером ячеи 110 мм характеристики его уловов в сравнении с контрольным мешком составляли следующие величины: средний размер минтая был больше на 3,6 см, прилов непромыслового минтая уменьшался на 23,8%, и средний улов уменьшался 6,6 т/ч.

Все траловые мешки из капрона с размером ячеи от 100 до 110 мм при облове скоплений минтая не соответствуют ограничительным мерам по прилову рыб непромысловой длины.

При этом на уровень селективности значительное влияние оказывает содержание маломерных рыб в облавливаемом скоплении.

При облове скоплений минтая с содержанием молоди до 38,6 % тралом, оснащенным капроновым мешком с внутренним размером ячеи 100 мм, средний размер минтая в уловах экспериментального мешка был на 4,6 см больше, а прилов непромыслового минтая - на 20,4 % меньше. При этом необходимо отметить, что при работе на скоплениях со средним содержанием молоди до 38,6% характеристики улова

не превышают параметров, разрешённых ограничительными мерами, существующими в настоящее время на промысле минтая.

Характеристики уловов в траловом мешке при работе на скоплениях минтая с содержанием молоди от 40,0% и более процентов показывают, что прилов молоди минтая в уловах экспериментального мешка значительно превышает ограничительную меру (20%) и, следовательно, промысел на указанных скоплениях должен быть приостановлен.

Требованиям Правил рыболовства по прилову рыб непромысловой длины могут соответствовать траловые мешки с внутренним размером ячеей не менее 120 мм, применяемые совместно с селективной вставкой.

Пути повышения селективности специализированного промысла минтая

Одним из путей улучшения селективности траловых мешков является использование траловых мешков с одним силовым покрытием, вместо традиционных мешков с двумя покрытиями.

Размерный состав уловов сравниваемых конструкций траловых мешков представлен на рис. 4.

Применение тралового мешка с одним покрытием позволяет увеличить средний размер рыб в улове на 3,0 см и в то же время не приводит к потерям рыб промысловых размеров.

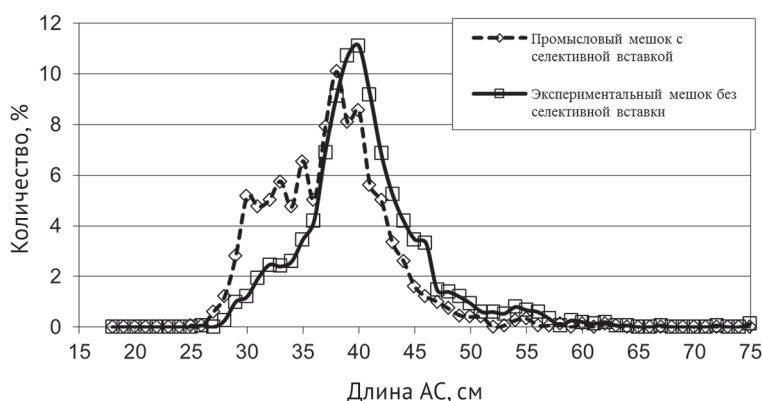


Рис. 4. Размерный состав минтая в уловах экспериментального и промыслового селективных устройств
Fig. 4. The size composition of pollock in the catches of the experimental and field selective devices

В то же время при эксплуатации экспериментального тралового мешка без селективной вставки снижаются непроизводительные затраты времени при обработке трала и расходы материалов на его изготовление.

Наряду с повышением селективности специализированного промысла минтая путём сокращения количества слоёв покрытия в траловом мешке существуют и другие способы повышения селективных качеств тралов [Шевченко и др., 2014].

Одним из направлений улучшения селективных качеств траловых мешков является использование в траловом мешке сетного полотна с посадкой Т90. В настоящее время оно широко применяется в рыболовной практике при промысле минтая, в частности, рыбаками Соединённых Штатов Америки и Канады. Отличительной особенностью этого конструктивного элемента является то, что в отличие от обычной посадки (Т0), применяемой при производстве траловых мешков российскими фабриками, изготавливающими орудия добычи (вылова), сетное полотно в траловом мешке при посадке повернуто на 90 градусов. Характерные особенности конструктивных отличий посадки Т90 и посадки Т0 представлены на рис. 5.

Как видно из рис. 5, ячей с посадкой Т90 имеют лучшее раскрытие для выхода рыб сквозь ячей тралового мешка по сравнению с посадкой Т0 при одинаковых размерах ячеек⁸.

Проведённые исследования на промысле трески и пикши показали, что рыбы, пойманные с помощью кутка с ячейей Т90, были в среднем на 1,5 см для трески и 0,5 см для пикши длиннее, соответственно, чем

рыбы, пойманные с помощью традиционного кутка [Drige et al., 2010]. С учётом этих данных можно рекомендовать применять траловые мешки с формой ячее Т90 на промысле минтая, для чего необходимо провести соответствующие исследования.

Следующим возможным решением сокращения прилова рыб непромысловой длины является применение сортирующих селективных устройств на основе жёстких и мягких решёток [Шевченко и др., 2014].

Сортирующие устройства на основе жёсткой решётки представляют собой раму специальной конструкции из металла или синтетических материалов. Избирательность этих устройств задаётся расстоянием между связями, которые устанавливаются в так называемой «критической» зоне направляющей части трала. Действие системы основано на том, что смесь крупной и мелкой рыбы из конической части мешка с помощью мелкоячейной подъёмной пласти («трамплин») направляется на сортирующую решётку. При этом мелкая рыба свободно выходит из тралового мешка между прутьями решётки, а крупная, не имеющая возможности пройти, проходит вдоль неё вниз и попадает в траловый мешок. Мелкоячейная плась направляет прошедшую через решётку рыбу к выходу из тралового мешка, препятствуя её повторному попаданию. Остальная мелкая рыба, прошедшая под нижней кромкой решётки, выходит через ячей кутка [Рекомендации по применению ..., 1996].

Сортирующие устройства на основе мягкой решётки применяются на промысле путассу в Фарерской экономической зоне для снижения прилова нежелательных видов, таких как сайда, скумбрия, морской окунь. Испытания данного устройства показали снижение нежелательного прилова от 0,25 до 3,25 раза [Лапшин и др., 2012]. Сортирующее устройство состоит из специальной решётки мягкого типа с рас-

⁸ Zhaohai Cheng, Paul D. Winger, Shannon M. Bayse, David Kelly Hydrodynamic Performance of Full-Scale T0 and T90 Codends with and without a Codend Cover. https://mdpi-res.com/d_attachment/jmse/jmse-10-00440/article_deploy/jmse-10-00440.pdf?version=1647593208. 27.04.2022.

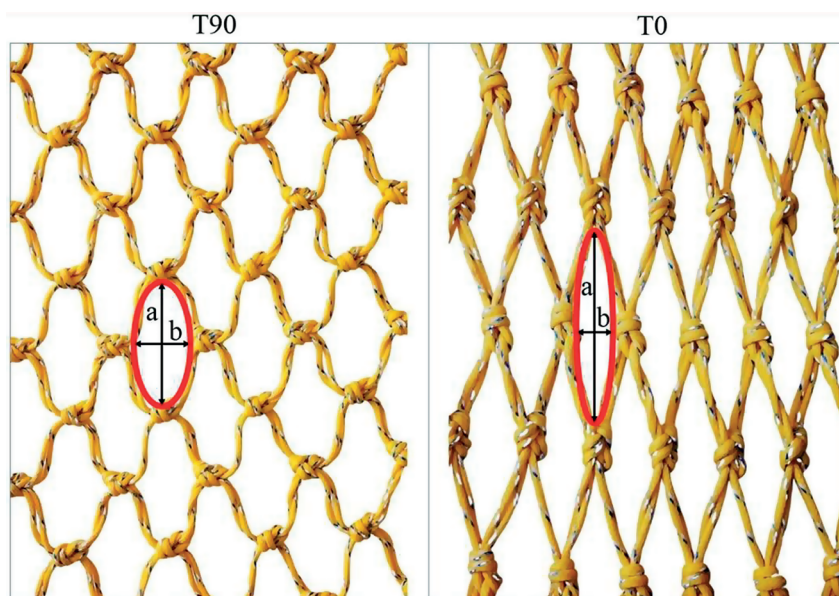


Рис. 5. Форма ячеек при посадке T90 и T0 (a – большая ось эллипса, соответствует высоте тела минтая; b – малая ось, соответствует толщине тела минтая). Коэффициент посадки T90 = 0,74; Коэффициент посадки T0 = 0,33

Fig. 5. Mesh shape fitted with an ellipse. The letter a indicates the length of major axis of the fitted ellipse; b is the minor axis. CircT90 = 0.74; CircT0 = 0.33

стоянием между прутьями 55 мм, которое устанавливается перед кутком трала в дополнительной сетной секции, а также подъёмной панели для уменьшения отсева путассу через окно выхода.

В настоящее время по договору НО «Ассоциация добытчиков минтая» (АДМ) и Полярного филиала ВНИРО («ПИНРО») проводятся НИОКР по разработке селективных устройств на основе гибких резино-металлических решёток для отсева маломерного минтая в процессе траления.

Сотрудниками Камчатского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО») проведены промысловые испытания эффективности применения гибкой селективной системы на промысле минтая. Внешний вид селективной системы представлен на рис. 6.

Проведённые испытания показали, что селективное устройство гибкого типа в процессе постановки и выборки трала на борт не требует никаких дополнительных операций и не создаёт дополнительных элементов опасности при работе с тралом, а её применение

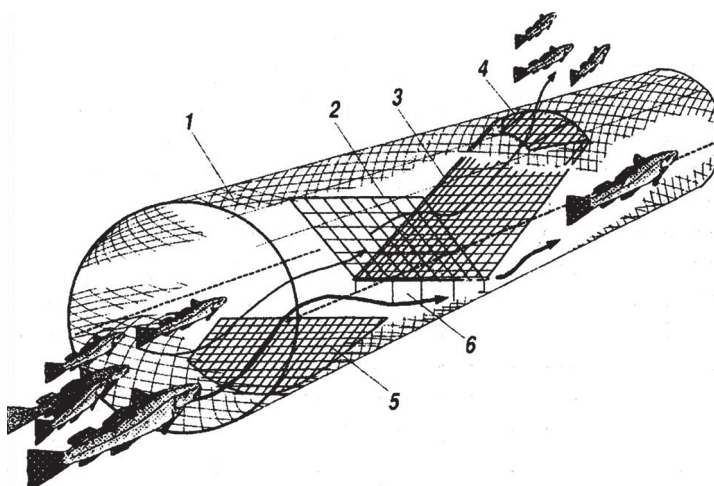


Рис. 6. Общий вид селективного устройства с мягкой решёткой: 1 – цилиндрическая часть мешка; 2 – сортирующая решётка; 3 – направляющая решётка; 4 – окно для выхода мелких рыб; 5 – порожек; 6 – окно для прохода рыб в траловый мешок

ние значительно снижает потери рыб промысловых размеров [Майсс, Малых, 2018].

В рыболовстве ряда стран на промысле антарктического криля, креветки и других видов используются траловые мешки, полностью изготовленные из дели с квадратным («зеркальным») расположением ячеей [Шевченко и др., 2014]. Серия промысловых тралений, выполненных в период с конца февраля 1991 г. по начало апреля 1992 г. в районе Восточной и Западной Камчатки на промысле минтая, показала, что по выходу готовой продукции (без учёта последствий сортировки) результативность работы мешком с квадратной ячейей с шагом 45 мм более чем на 40% выше, чем с обычным мешком с ромбической ячейей с шагом 45 мм [Норинов, Мацусита, 1998].

Так же для повышения избирательности возможно применение сетных полотен с шестиугольной (гексагональной) ячейей. Это направление открывает большие перспективы для обеспечения высокой селективности лова рыбы тралами. С точки зрения теории селективности рыболовства избирательная способность гексагональной ячейи должна быть выше ромбовидной и прямоугольной, так как её форма более соответствует форме поперечного сечения минтая в месте наибольшего обхвата [Шевченко и др., 2014].

С той же целью возможно применение в траловом мешке окон выхода «датского» типа — прямоугольных вставок из сетного полотна с квадратным («зеркальным») расположением ячейи. Окна этого типа устанавливаются по боковым сторонам тралового мешка. В настоящее время они применяются на промысле трески в Балтийском море.

Также возможно применение в траловом мешке окон выхода «шведского» типа — прямоугольных вставок из сетного полотна с квадратной формой ромбовидных ячейи, задаваемой коэффициентами посадки 0,707/0,707. Окна устанавливаются аналогично «датским» по боковым сторонам мешка. В настоящее время они применяются на промысле трески [Шевченко, Майсс, Акимов, 2014].

Все вышеперечисленные направления по сокращению прилова рыб непромысловой длины относятся к улучшению селективных качеств орудия добычи (вылова) за счёт изменения внутренней геометрии орудия лова.

Повышение селективности промысла с учётом промыслово-биологических особенностей распределения крупноразмерного минтая

Одним из путей увеличения селективности промысла минтая является применение конструкций тралов, учитывающих промыслово-биологические

особенности распределения крупноразмерного минтая. Рядом исследователей было отмечено, что крупноразмерный минтай создаёт промысловые скопления в непосредственной близости от грунта [Датский и др., 1999; Норинов, 1982; Фадеев, 2001; Neilson et al., 2003; Wilson, Hollowed et al., 2003]. Учитывая эту особенность, на промысле минтая рыбаки «сажают» разноглубинные тралы на грунт, уменьшая при этом вертикальное раскрытие тралов в 2, а то и 3 раза, то есть фактически производят донные траления. Но согласно требованиям Правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна донные траления при специализированном промысле минтая запрещены.

Для исключения возможности проведения траления по дну была предложена конструкция специализированного разноглубинного трала 174/468 м, предназначенного для добычи (вылова) крупноразмерного минтая судами типа БАТМ, учитывающая промыслово-биологические особенности распределения крупноразмерного минтая конструкция. Сравнивались размерные составы уловов предложенной конструкции трала и 154/700 м промыслового разноглубинного трала в двух районах с различным состоянием минтая в скоплениях: в Северо-Охотоморском районе, где минтай находился в нагульном состоянии и в районе Западной Камчатки, где минтай шёл на нерест.

При облове смешанных скоплений минтая в районе Западной Камчатки средняя длина рыб в улове промыслового трала была равна 37,71 см, а средняя длина рыб в улове специализированного трала была равна 49,82 см, то есть была на 12 см больше. В этом районе промысла в уловах специализированного трала особи минтая непромысловой длины составляли незначительную часть — 2,2%, и снижение прилова молоди составило 51,2%.

При облове скоплений минтая в Северо-Охотоморском районе средняя длина рыб в улове промыслового трала была равна 36,63 см, а средняя длина рыб в улове специализированного трала была равна 39,92 см, то есть была на 3,3 см больше. В этом районе промысла в уловах специализированного трала особи минтая непромысловой длины составляли значительную часть — 25,1%, а снижение прилова молоди составило 33,7%.

Полученные результаты показали, что содержание рыб непромысловой длины в уловах тралом для облова крупноразмерного минтая зависит от района проведения добычи (вылова), а, в конечном счёте, от содержания рыб непромысловой длины в скоплениях.

ВЫВОДЫ

1. Минтай является важным объектом промысла в российском и в мировом рыболовстве как по объёмам вылова, так и по вовлечению в него большого количества единиц добывающего флота.

2. На современном этапе наиболее широкомасштабный промысел минтая в северной части Тихого океана проводится Россией и США. В меньших масштабах промысел минтая проводят Япония, Китай и Республика Корея. Российскими рыбаками специализированный промысел минтая осуществляется разноглубинными тралами. Американскими и канадскими рыбаками специализированный промысел минтая проводится также разноглубинными тралами.

3. Применение на специализированном промысле минтая траловых мешков с внутренним размером ячеи 100 мм, изготовленных из капроновых делей и с внутренним размером ячеи 110 мм, изготовленных из моноплетей, не в полной мере соответствуют требованиям Правил рыболовства по прилову рыб непромысловых длин. При технике промысла с использованием традиционной конструкции траловых мешков лов минтая при соблюдении существующих ограничительных мер возможен только на скоплениях с содержанием рыб непромыслового размера до 40,0%.

4. Использование на специализированном промысле минтая селективной вставки совместно с траловым мешком приводит к снижению диапазона селективности (от 7,1 до 4,8 см) и увеличению селективного уровня промысла (от 32,2 до 38,5 см), но не в полной мере соответствует требованиям промысла.

5. Одним из путей изменения конструктивных особенностей траловых мешков является сокращение количества покрытий тралового мешка до одного. При соблюдении ограничительных мер на промысле минтая применение тралового мешка с одним покрытием без селективной вставки даёт возможность в сравнении с конструкцией тралового мешка с двумя покрытиями с селективной вставкой снижать процент прилова маломерных рыб на 3,0 см, удерживая в улове рыб промысловых размеров.

6. Для выполнения требований Правил рыболовства по содержанию рыб непромысловых длин необходимо увеличить внутренний размер ячеи в траловом мешке до величины не менее 120 мм.

7. Улучшение селективных качеств специализированного лова минтая возможно при использовании гибких селективных устройств. После проведения испытаний полномасштабной конструкции селективного устройства с гибкими резинометаллическими решётками в реальных промысловых условиях, позволяю-

щих определить селективные характеристики новой системы, выявить её эксплуатационные характеристики, выработать требования к её конструкции, возможно внедрение нового сортировочного устройства на промысле минтая.

8. Одним из направлений улучшения селективных качеств траловых мешков является использование особого расположения ячей в траловом мешке – посадки Т90, которая широко применяется при промысле минтая рыбаками Соединённых Штатов Америки и Канады.

9. Эффективность использования трала, учитывающего промыслово-биологические особенности распределения крупноразмерного минтая, зависит от состояния минтая в районе промысла. Прилов рыб непромысловых длин сокращался в зависимости от района промысла на величину от 33,7% (Северо-Охотоморский район) до 51,2% (Западная Камчатка), что в ряде случаев соответствовало требованиям Правил рыболовства по прилову рыб непромысловых длин.

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

- Датский А.В., Батанов Р.Л., Пальм С.А. 1999. Минтай *Theragra calcogramma* Анадырско-Наваринского района: промысел и биологическая характеристика по данным различных орудий лова // Известия ТИНРО. Т. 126. Ч. 1. С. 210–230
- Ефанов С.Ф. 1978. О травмировании рыб, прошедших сквозь ячею кутка трала // Труды ВНИРО. Т. 85. С. 48–51.
- Лапшин О.М., Истомин И.Г., В.А. Татарников, Jacobsen J.A., Zachariassen K. 2012. Результаты применения сортирующих систем российским рыболовным флотом на промысле путассу в Фарерской рыболовной зоне // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 26–2. С. 11–35.
- Майсс А.А., Малых К.М. 2018. Результаты исследования селективных свойств вставки с квадратным расположением ячеи, применяемой на траловом промысле минтая // Мат. II Нац. науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз. С. 51–57.
- Майсс А.А., Малых К.М. 2018. Результаты промысловых испытаний трала 33,67/72, оснащённого экспериментальной селективной вставкой с гибкой решёткой для обеспече-

- ния рационального промысла минтая // Мат. II Нац. науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз. С. 58–65.
- Норинов Е.Г. 1982. Некоторые результаты подводных наблюдений за поведением минтая в районе острова Итуруп // Физические раздражители в технике рыболовства. Владивосток: ТИНРО. С. 98–101.
- Норинов Е.Г., Мацусита Е. 1998. Избирательные свойства траловых мешков с квадратной структурой оболочек // Вопр. теории и практики промышленного рыболовства. Поведение гидробионтов в зоне действия орудий лова. М.: Изд-во ВНИРО. С. 182–188.
- Трещёв А.И. 1974. Научные основы селективного рыболовства. М.: Пищ. пром-ть. 443 с.
- Трещёв А.И., Ефанов С.Ф., Истомин И.Г., Шевченко А.И., Абразумов В.А., Бойцов А.Н., Норинов Е.Г. 1985. Селективные свойства траловых мешков и выживаемость минтая // Обоснование орудий промышленного рыболовства. Владивосток: ТИНРО. С. 18–29.
- Фадеев Н.С. 2001. Результаты донных траловых съёмок по минтаю в Северо-Западной части Берингова моря в 1996 г. // Известия ТИНРО. Т. 128. С. 92–102.
- Шевченко А.И. 2004. Пути повышения селективности промысла минтая. Владивосток: ТИНРО-Центр. 98 с.
- Шевченко А.И., Майсс А.А., Акимова О.В. 2014. Анализ существующих средств селективности траловых систем на промысле минтая // Научные труды Дальрыбвтуза. Т. 32. С. 42–50.
- Digre H., Hansen U.J., Erikson U. 2010. Effect of trawling with traditional and 'T90' trawl codends on fishsize and on different quality parameters of cod *Gadus morhua* and haddock *Melanogrammus aeglefinus* // Fish. Sci. V. 76. P. 549–559 DOI 10.1007/s12562-010-0254-2
- Neilson J.D., Clark D., Melvin G.D., Perley P., Stevens C. 2003. The diel vertical distribution and characteristics of pre-spawning aggregations of pollock (*Pollachius virens*) as inferred from hydroacoustic observations: the implications for survey design // ICES J. of Marine Science, 60: 860–871.
- Wilson C.D., Hollowed A.B., Shima M., Walline P., Stienessen S. 2003. Interactions Between Commercial Fishing and Walleye Pollock Alaska // Fishery Research Bulletin 10(1):61–77.
- Dansky A.V., Batanov R.L., Palm S.A. 1999. Pollock *Theragra calycogramma* of the Anadyr-Navarin region: fishing and biological characteristics according to dates of various fishing gear // Izvestiya TINRO. V. 126. P.1. Pp. 210–230 (In Russ.).
- Efanov S.F. 1978. On the injury of fish passing through the trawl codend mesh // Proceedings of VNIRO. V. 85. Pp. 48–51. (In Russ.).
- Lapshin O.M., Istomin I.G., V.A. Tatarnikov, Jacobsen J.A., Zachariassen K. 2012. The results of the use of sorting systems by the Russian fishing fleet in blue whiting in the Faroe fishing zone // Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the northwestern part of the Pacific Ocean. Is. 26–2. Pp. 11–35. (In Russ.).
- Maiss A.A., Malykh K.M. 2018. Results of a study of the selective properties of an insert with a square mesh used in pollock trawling // Mater. II National sci.-tech. conf. Vladivostok: Dalrybvtuz Publish. Pp. 51–57. (In Russ.).
- Maiss A.A., Malykh K.M. 2018. Results of fishing tests of the trawl 33.67/72 m equipped with an experimental selective insert with a flexible grid to ensure rational pollock fishing // Mater. II National sci.-tech. conf. Vladivostok: Dalrybvtuz Publish. Pp. 58–65. (In Russ.).
- Norinov E.G. 1982. Some results of underwater observations of pollock behavior in the area of Iturup Island // Physical irritants in fishing techniques. Vladivostok: TINRO Publish. Pp. 98–101. (In Russ.).
- Norinov E.G., Matsushita, E. 1998. Selective properties of cod end with a square shell structure. // Questions of theory and practice of industrial fishing. Behavior of hydrobionts in the area of action of fishing gear. Moscow: VNIRO Publishing House. Pp.182–188 (In Russ.).
- Treshev A.I. 1974. Scientific foundations of selective fishing. Moscow: Food industry. 443 p. (In Russ.).
- Treshchev A.I., Efanov S.F., Istomin I.G., Shevchenko A.I., Abramov V.A., Boytsov A.N., Norinov E.G. 1985. Selective properties of codends and walleye pollock survival // Substantiation of industrial fishing gear. Vladivostok: TINRO Publish. Pp. 18–29. (In Russ.).
- Fadeev N.S. 2001. Results of bottom trawl surveys of walleye pollock in the Northwestern part of the Bering Sea in 1996 // Izvestiya TINRO. V. 128. Pp. 92–102. (In Russ.).
- Shevchenko A.I. 2004. Ways to increase pollock fishery selectivity. Vladivostok: TINRO-center. 98 p. (In Russ.).
- Shevchenko A.I., Maiss A.A., Akimova O.V. 2014. Analysis of existing means of selectivity of trawl systems in the pollock fishery // Scientific works of Dalrybvtuza. V. 32. Pp. 42–50. (In Russ.).
- Digre H., Hansen U.J., Erikson U. 2010. Effect of trawling with traditional and 'T90' trawl codends on fishsize and on different quality parameters of cod *Gadus morhua* and haddock *Melanogrammus aeglefinus* // Fish. Sci. V. 76. P. 549–559 DOI 10.1007/s12562-010-0254-2
- Neilson J.D., Clark D., Melvin G.D., Perley P., Stevens C. 2003. The diel vertical distribution and characteristics of pre-spawning aggregations of pollock (*Pollachius virens*) as inferred from hydroacoustic observations: the implications for survey design // ICES J. of Marine Science, 60: 860–871.
- Wilson C.D., Hollowed A.B., Shima M., Walline P., Stienessen S. 2003. Interactions Between Commercial Fishing and Walleye Pollock Alaska // Fishery Research Bulletin 10(1):61–77.

Поступила в редакцию 24.06.2022 г.
Принята после рецензии 07.09.2022 г.



Технология переработки водных биоресурсов

Исследования ТИНРО в области технологий комплексной переработки минтая

Л.В. Шульгина, В.Н. Акулин, Е.В. Якуш, Е.П. Караулова

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

E-mail: lvshulgina@mail.ru

Цель: проанализировать основные результаты и достижения дальневосточных учёных в области комплексной переработки минтая.

Методы: в период с 1977 по 2002 гг. в рамках НИР были исследованы размерно-массовый и химический состав, показатели безопасности и технологические свойства минтая. В целях определения пищевой значимости и путей рационального использования были проведены многочисленные эксперименты, апробированы различные способы и технологические приёмы его обработки.

Результаты: по химическому составу и технологическим свойствам минтай отличается от других массовых видов рыб, что не позволяет применять традиционные технологии для его переработки. Рассмотрены предложенные технологии получения мороженой, кулинарной, консервированной, солёной, аналоговой и другой продукции из минтая.

Новизна: созданные технологии позволяют обеспечить комплексную безотходную переработку минтая, так как определены пути использования всех частей тела рыбы. Показаны инновационные подходы и новые возможности его рационального использования.

Практическая значимость: значительная часть разработанных технологий внедрена в современное производство при переработке минтая.

Ключевые слова: минтай, пищевая и биологическая ценность, технологии переработки, пищевая продукция, жир.

TINRO research in the field of pollock complex processing technologies

Lidiya V. Shulgina, Valeriy N. Akulin, Evgeniy V. Yakush, Ekaterina P. Karaulova

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

The aim: To analyze the main results and achievements of Far Eastern scientists in the field of pollock complex processing.

The methods: In the period from 1977 to 2002, within the framework of research work, research was carried out on the size, mass and chemical composition, safety indicators and technological properties of walleye pollock. In order to determine the nutritional significance and ways of rational use, numerous experiments were carried out, various methods and technological methods of its processing were tested.

The results: In the period from 1977 to 2002, within the framework of research, the size-mass and chemical composition, safety indicators and technological properties of walleye pollock were studied. The proposed technologies for obtaining frozen, culinary, canned, salted, analogue and other products from pollock are considered.

The newness: The created technologies make it possible to provide a comprehensive non-waste processing of pollock, as the ways of using all parts of the fish body have been determined. Innovative approaches and new opportunities for its rational use are shown.

The practical significance: A significant part of the developed technologies has been introduced into modern production in the processing of pollock.

Keywords: pollock, nutritional and biological value, processing technologies, food products, fat.

ВВЕДЕНИЕ

Минтай занял место лидера среди объектов в отечественной рыбопереработке в период активного освоения советскими рыбаками биоресурсов Мирового океана. В семидесятых годах XX века в общем вылове быстро стала расти доля рыбных объектов, отличающихся по технологическим свойствам от та-

ких традиционных видов, как лососевые и сельдь. Многие из новых видов рыб, в т. ч. минтай, были отнесены к малоценным и малопригодным для получения качественной традиционной продукции. Кардинальные изменения по отношению к минтаю в России связаны со сменой экономической модели государства, открытостью отечественной экономики, экспортной

ориентацией продукции рыбного хозяйства. На основе результатов химико-технологических исследований минтая были разработаны и внедрены в производство технологии его переработки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В период с 1977 по 2002 гг. в рамках НИР были исследованы размерно-массовый и химический состав, показатели безопасности и технологические свойства минтая. В целях определения пищевой значимости и путей рационального использования были проведены многочисленные эксперименты, апробированы различные способы и технологические приёмы его обработки.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Химический состав и технологические свойства минтая. Размерный и массовый состав минтая, как и других рыб, зависит от района и сезона лова, воз-

раста и пола (табл. 1) [Кизеветтер, 1971; Купина и др., 2015]. У особей минтая одного пола, имеющих половые железы на одинаковой стадии развития, относительный вес мяса практически не зависит от веса рыб. Перед нерестом рыбы относительная масса мяса снижается до минимума (35,0–38,0%) за счёт значительного увеличения массы внутренностей. У неполовозрелых рыб (до 3 лет) вес внутренностей не имеет сезонных изменений, у половозрелых достигает максимума в преднерестовый период и минимума – сразу же после нереста. Масса ястыков минтая перед началом нереста составляет 18,9–25,8%, после нереста 0,8–2,0%.

Химический состав мяса минтая также зависит от физиологического состояния и района лова (табл. 2) [Кизеветтер, 1971]. По классификации И.П. Леванцова [1968] минтай относится к среднебелковым маложирным объектам. В период нереста в мышечной ткани минтая содержание белков на 2,5% выше, чем в период нагула, что указывает на активизацию об-

Таблица 1. Массовый состав минтая в зависимости от района промысла
Table 1. Mass composition of walleye pollock depending on the fishing area

Характеристики		Японское море*	Берингово море*	Охотское, Берингово моря**
Длина тела, см		35–50	50–80	30–50
Вес, г		330,0–900,0	640,0–2400,0	
Соотношение частей тела, % к массе рыбы	Голова, в т. ч. жабры	15,6–29,4	11,5–22,2	15,8–28,9
	Тушка,	41,3–60,7	50,3–68,9	
	в т. ч. мясо	35,4–55,0	38,5–53,2	37,2–46,2
	Внутренности, в т. ч.	8,6–32,4	12,9–29,3	5,0–32,1
	печень	1,6–10,0	2,4–7,8	3,0–7,1
	половые железы	3,1–19,6	1,6–21,1	1,7–2,1
	Плавники и хвост	1,3–8,9	13,0–24,1	1,6–4,0
	Кожа	–	–	4,1–5,0
	Кости	–	–	6,3–7,0

Примечание: * Кизеветтер, 1971; ** Богданов и др., 2005.

Таблица 2. Химический состав мышечной ткани минтая в зависимости от сезона и района промысла [Кизеветтер, 1971]
Table 2. Chemical composition of pollock muscle tissue depending on the season and fishing area [Kizevetter, 1971]

Район лова	Период лова	Пределы содержания, %			
		вода	жир	белок	минеральные вещества
Японское море	январь-февраль	82,4–85,2	0,7–1,0	14,6–15,5	1,3–1,4
	июль-август	82,3–83,5	0,4–0,7	14,5–16,3	1,2–1,3
	сентябрь-октябрь	81,1–84,2	0,2–0,4	14,3–17,4	0,8–1,1
Берингово море	июль	81,6–82,6	0,5–0,6	16,0–16,6	1,0–1,2
	август	80,5	1,2	17,3	1,3
	сентябрь-октябрь	81,0–82,5	0,16–0,32	15,4–10,0	1,0–1,5

менных процессов в нём при созревании половых органов.

Химический состав других частей тела минтая, получаемых при его разделке [Чупикова, 2000], приведён в табл. 3. Все части тела минтая, кроме икры, являются среднебелковыми, а по содержанию жира – маложирными, кроме печени. Печень представляет собой жировое депо в организме минтая (табл. 3), количество жира зависит от веса рыбы, сезона и района лова, поэтому колеблется в довольно значительных пределах [Кизеветтер, 1971]. Икра минтая является ценным в пищевом отношении сырьём (табл. 3). Содержание белков в ней очень высокое и достигает 28,2%, жира – не превышает 3,5% [Дементьева и др., 2020]. Кожа и молоки минтая относятся к среднебел-

ковым и маложирным ресурсам, но содержат больше минералов, чем другие органы.

Белки мышечной ткани и икры минтая включают весь набор аминокислот (табл. 4), они сбалансированы по аминокислотному составу [Ярочкин, 2001; Купина и др., 2015; Дементьева и др., 2020].

В мышечной ткани минтая содержатся свободные аминокислоты, сумма которых в зависимости от сезона вылова составляет 3,15–3,69 мг/кг мяса рыбы [Купина и др., 2015]. Среди них до 32,1–34,1% приходится на таурин и 18,2–21,0% – на дипептид ансерин, что повышает биологическую ценность мяса минтая.

В составе липидов мышечной ткани, печени и икры основным классом являются триацилглицериды (табл. 4). Фосфолипиды являются вторым классом

Таблица 3. Химический состав отдельных частей тела минтая при его разделке

Table 3. Chemical composition of individual parts of pollock body during cutting

Вид ткани или органа	Содержание, % к общей массе			
	вода	жир	белок	минеральные вещества
Головы*	76,7 ±1,8	1,39 ±0,3	13,6 ±0,6	5,6 ±0,3
Головы с плечевыми костями и прирезью брюшка*	79,2 ±2,1	1,41 ±0,2	14,1 ±0,7	4,6 ±0,1
Позвоночная кость с хвостовым плавником и прирезью мяса*	81,8 ±2,4	0,8 ±0,2	14,6 ±0,6	4,3 ±0,2
Кожа*	88,4 ±1,9	1,3 ±0,21	10,3 ±0,5	2,7 ±0,1
Внутренности*	80,6 ±2,3	2,3 ±0,4	13,1 ±0,6	1,4 ±0,1
Молоки*	81,3 ±2,1	2,4 ±0,6	15,5 ±0,3	1,6 ±0,2
Печень*	38,2±4,1	38,3±19,8	13,5±2,5	1,2±0,2
Икра**	74,6–85,7	0,4–2,5	11,1–16,9	1,0–1,9
Икра***	63,1±0,2	2,9±0,7	28,2±0,3	6,7±0,5

Примечание: * Чупикова, 2000; ** Кизеветтер, 1971; *** Дементьева и др., 2020.

Таблица 4. Аминокислотный состав белков мышечной ткани и икры минтая

Table 4. Amino acid composition of proteins of muscle tissue and caviar pollock

Незаменимые аминокислоты			Заменимые аминокислоты		
аминокислота	содержание, г/100 г белка		аминокислота	содержание, г/100 г белка	
	мышечная ткань	икра		мышечная ткань	икра
Val	5,4	6,0	Asp	10,6	8,6
Ile	5,1	5,2	Ala	6,3	7,3
Leu	9,1	7,1	Arg	6,4	5,3
Lys	9,4	7,0	Gly	4,1	3,4
Met+Cys	3,5	2,7	His	2,1	3,4
Thr	3,4	5,7	Glu	18,2	14,1
Fhe+Tir	7,0	8,4	Pro	5,2	6,2
Trp	1,1	1,2	Ser	1,9	6,3
Σ	44,0	43,3	Σ	54,8	54,5

Примечание: *[Купина и др., 2015]; **[Дементьева и др., 2020].

Таблица 4. Состав липидов мышечной ткани, печени и икры минтая
Table 4. Lipid composition of muscle tissue, liver, and pollock roe

Класс липидов	Содержание, % от общей суммы липидов			
	мышечная ткань минтая*		печень*	икра**
	нерестового	нагульного		
Триацилглицериды	63,5	70,9	88,4	60,6
Свободные жирные кислоты	4,4	4,0	1,0	17,1
Стерины	5,0	7,2	4,2	9,4
Моно- и диацилглицериды	4,6	1,7	0,9	5,3
Эфиры стерин	0,7	-	0,1	5,3
Фосфолипиды	21,7	16,2	5,4	2,3

Примечание: * Результаты..., 2019¹; ** Дементьева и др., 2020.

в липидах мяса минтая (16,2–21,7%). В печени и икре их относительное содержание ниже, чем в мышечной ткани минтая [Результаты ..., 2019¹].

Состав жирных кислот в липидах мяса минтая из разных промысловых районов практически не различается (табл. 5).

Основу липидов мышечной ткани составляют полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК), содержание которых достигает в среднем около 48,0% [Результаты..., 2019¹]. Различия в составе жирных

кислот мяса нагульного и нерестового минтая незначительны. В липидах печени минтая преобладающей группой являются мононенасыщенные жирные кислоты, икры – ПНЖК. Содержание биологически значимых жирных кислот – сумма ЭПК (20:5 n-3) и ДГК (22:6 n-3) в минтае очень высокое: в мышечной ткани их содержится не менее 45,0%, в печени – 18,5%, в икре – 33,0% от суммы жирных кислот.

Содержание минеральных веществ в минтае составляет 1,0–2,3% [Купина и др., 2015]. В разных ча-

Таблица 5. Состав жирных кислот в липидах съедобных частей минтая, %
Table 5. Composition of fatty acids in lipids of pollock edible parts, %

Насыщенные				Мононенасыщенные				Полиненасыщенные			
Жирная кислота	содержание			Жирная кислота	содержание			Жирная кислота	содержание		
	мясо*	печень*	икра**		мясо*	печень*	икра**		мясо*	печень*	икра**
14:0	1,5–1,6	4,3	3,99	14:1 n-5	–	-	0,03	16:2 n-4	0,44–0,7	1,51	0,86
15:0	0,2–0,2	0,40	0,51	16:1 n-7	1,6–2,5	8,81	6,36	16:3 n-3	–	0,75	0,53
16: 0	22,2–23,7	10,27	11,20	17:1 n-6	0,1–0,2	-	–	16:4 n-1	–	1,0	–
17:0	0,1–0,2	1,95	0,63	18:1 n-9	11,7–13,3	12,81	19,8	18:2 n-9	–	–	0,14
18:0	3,7–4,4	1,65	4,11	18:1 n-7	–	4,93	2,85	18:2 n-6	0,88–1,0	0,93	0,40
19:0	–	–	0,1	18:1 n-5	–	–	0,76	18:2 n-4	–	0,30	1,1
20:0	–	–	0,2	19:1 n-9	–	–	0,21	18:3 n-6	–	0,16	0,22
22:0	–	–	0,3	20:1 n-11	1,5–1,8	9,16	0,43	18:3 n-3	0,25–0,3	0,57	0,93
Σ	27,3–30,1	18,57	21,04	20:1 n-9		3,95	0,92	18:4 n-3	0,38–0,5	1,95	0,80
				20:1 n-7	–	0,46	0,25	18:4 n-1	–	0,6	0,23
				22:1 n-11	–	11,21	0,19	19:4 n-3	–	–	0,25
				22:1 n-9	0,61	1,94	0,16	20:2 n-6	–	–	0,18

¹ Результаты мониторинга качества и безопасности промысловых гидробионтов дальневосточного рыбохозяйственного бассейна. 2019. Отчёт НИР ТИПРО. № ААА-А19–119031590063–4. арх. № 28347. Владивосток. 113 с.

Окончание табл. 5

Насыщенные			Мононенасыщенные			Полиненасыщенные					
Жирная кислота	содержание			Жирная кислота	содержание			Жирная кислота	содержание		
	мясо*	печень*	икра**		мясо*	печень*	икра**		мясо*	печень*	икра**
				24:1 n-9	–	0,26	–	20:4 n-6	1,53–2,7	0,38	0,81
				Σ	15,73–17,2	53,53	31,96	20:3 n-3		0,48	0,17
								20:5 n-3	14,0–19,7	12,82	13,0
								21:5 n-3	–	0,52	0,23
								22:4 n-6	–	–	0,3
								22:5 n-3	1,0–1,6	0,95	4,44
								22:6 n-3	28,8–35,3	5,74	20,61
								Σ	45,0–53,3	28,66	45,2

Примечание: * [Результаты ..., 2019¹]; ** [Дементьева и др., 2020].

стях его тела много фосфора и железа, в мышечной ткани – йода, марганца, цинка и фтора, в икре – меди (табл. 6).

Минтай является богатым источником витаминов группы В и РР (табл. 7). Печень минтая характеризуется высоким содержанием жирорастворимых витаминов (А, Д и Е), икра – витамином Е.

Таблица 6. Элементный состав в различных частях тела минтая
Table 6. Elemental composition in different parts of pollock body

Макроэлементы, мг/100 г				Микроэлементы, мкг/100 г			
элемент	мышечная ткань*	икра**	печень*	элемент	мышечная ткань*	икра*	печень*
Na	40,0	2006,0	720,0	Fe	800,0	1500,0	1900,0
K	420,0	60,0	110,0	Mn	110,0	–	210,0
Ca	40,0	35,0	35,0	Cu	130,0	–	12500,0
Mg	55,0	35,0	50,0	Zn	1120,0	–	–
P	240,0	230,0	230,0	Se	15,9	–	–
S	170,0	279,0	42,0	J	150,0	–	–
				Mo	4,0	4,0	14,0
				F	700,0	430,0	–
				Co	15,0		65,0

Примечание: * [Результаты ..., 2019¹]; ** [Дементьева и др., 2020].

Таблица 7. Витамины в различных частях и органах минтая
Table 7. Vitamins in various parts and organs of pollock

Витамины	Содержание, мкг/100 г		
	мышечная ткань*	печень*	икра**
B ₁	110,0	50,0	660,0
B ₂	110,0	410,0	250,0
B ₅	237,0	–	–
B ₆	100,0	230,0	400,0
B ₉	4,9	110,0	0,003
B ₁₂	1,63		–

Витамины	Содержание, мкг/100 г		
	мышечная ткань*	печень*	икра**
РР	1300,0	2700,0	20,0
С	500,0	3400,0	2200,0
А	10,0	4400,0	30,0
Е	300,0	8800,0	2400,0
D	0,2	100,0	

Примечание: * [Химический ..., 1987]; ** [Дементьева и др., 2020]

ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКЦИИ ИЗ МИНТАЯ

Мороженая продукция. В связи с большими объёмами вылова минтая и удалённостью от районов промысла переработка его уловов в морских условиях сводится к получению мороженой продукции, которая в дальнейшем служит основой для получения различных продуктов на береговых предприятиях. Основным видом мороженой продукции российской судовой переработки является неразделанный минтай, обезглавленный (в т. ч. потрошённый), филе, фарш, а также икра, печень и молоки.

Мороженая продукция из минтая поступает как на внутренний, так и внешний рынок. На внутреннем рынке её доля составляет не более 10,0%, основными же потребителями российского мороженого минтая являются страны Восточной Азии — Китай и Республика Корея [Стецюк, 2019; Покровский и др., 2017].

Фарш из минтая. Фарш из минтая является идеальным сырьём для создания различной продукции. Основные исследования по получению рыбных фаршей, в том числе из минтая были проведены А.П. Ярочкиным [2000; 2001, Ярочкин, Бойцова, 2018]. Рыбный фарш имеет следующие структурно-механические характеристики: прочность на продавливание 500–600 г, предельное напряжение сдвига — 82,7 Па, липкость — 5000 Па, водоудерживающая способность — 45,3%.

Особое значение имеет промытый фарш минтая, который представляет собой концентрат миофибриллярных белков. Из него вымываются саркоплазматические белки, ферменты, небелковые азотистые и другие вещества, придающие различные пороки фаршу при хранении (неприятный запах, цвет) [Ярочкин, Курихина, 1999]. Отличительной особенностью фарша из минтая является его способность образовывать стабильную трёхмерную гелевую белковую структуру при высоком содержании воды (> 75%) [Guennepuigues, 2014]. Фарш имеет белый цвет и не имеет собственного запаха и вкуса. После добавления в него дру-

гих ингредиентов фаршевая смесь приобретает вкус и аромат дополнительно введённых белков или компонентов [Ярочкин, 2001; Сухарева, 2021]. Благодаря высокой гелеобразующей способности промытый фарш минтая, в том числе сурими, используется в качестве основы для получения пищевых изделий заданной консистенции и структуры, а также аналоговой продукции.

Солёная и малосолёная продукция. Попытка применить традиционные технологии посола и копчения при переработке минтая показала малую пригодность его для получения пресервов, солёной и вяленой продукции, объективными признаками которой являются низкая активность протеолитических ферментов минтая и низкий коэффициент отношения жира к белку [Виняр, 1995; Леванидов и др., 1987; Слуцкая, 1997]. В табл. 8 показано, что активность тиоловых катепсинов минтая значительно уступает рыбам (лососи, сельдь), из которых традиционно выпускают качественную солёную продукцию.

Использование при посоле минтая ферментных препаратов с протеолитической активностью 60–80 ПЕ на 1 кг приводило к ускорению процесса созревания его мяса, формированию нежной маслянистой консистенции, приятных вкуса и аромата [Слуцкая, 1997]. Использование солей лимонной кислоты по-

Таблица 8. Содержание тиоловых протеаз в мышечной ткани рыб, Е/г ткани [Слуцкая, 1997]

Table 8. Content of thiol proteases in fish muscle tissue, U/g tissue [Slutskaya, 1997]

Рыбы	Тиоловые катепсины	Катепсин D
Кета	0,20	0,22
Горбуша	0,07	0,21
Сардина иваси	0,09	10,15
Ставрида	0,03	0,10
Минтай	0,001	0,04

вышало гидролизуемость ферментами мяса слабосоленого минтая [Купина, Кудряшова, 1995²; Поваляева и др., 1997³]. Соли (как комплексообразователи) вступают во взаимодействие с металлами, стабилизирующими белковые макромолекулы, вызывают их дезагрегацию, при этом изменяется устойчивость белков к ферментативному воздействию. Для улучшения органолептических характеристик продуктов применялись вкусоароматические пищевые добавки.

Консервированная продукция из минтая. Натуральные консервы из минтая изначально также имели низкие органолептические показатели (крошливая консистенция, отсутствовал приятный вкус и запах, при выкладывании из банки нарушалась структура). Однако, при добавлении масла, растительных или других компонентов мясо минтая в консервах приобретало вкусо-ароматические характеристики всей композиции, а консервы имели более привлекательные вкусовые качества [Бояркина и др., 1999]. Предварительное бланширование, обжаривание, копчение или подкопчение, использование соусов, заливок и маринадов способствовали разработке и производству консервов различных групп. В настоящее время минтай используется при производстве паштетных консервов в качестве основного или дополнительного компонента [Ярочкин и др., 1998⁴; Якуш и др., 1999]. Разработан ассортимент консервов из минтая с растительными добавками (с рисом, перловой и гречневой крупой, морской капустой и овощами). Минтай применяется в производстве консервированных котлет, фрикаделек и тефтелей в различных заливках и маринадах. Высоким спросом у населения пользуются консервы из печени и икры минтая. Они выпускаются в виде натуральных консервов («Печень минтая натуральная» и «Печень и икра минтая натуральные»); в виде паштета («Печень минтая по-приморски»); а также в соусах и заливках («Печень минтая в томатном соусе» и др.). На основе молок были разработаны такие виды консервов, как «Солянка из молок минтая с морской капустой» и «Молоки минтая с морской капустой» [Чупикова, Ярочкин, 2001].

Кулинарная продукция из минтая, включая колбасы. Чистый фарш минтая после термической обра-

ботки приобретает жёсткую резиноподобную консистенцию без привлекательных вкусовых качеств, что снижает качество кулинарной продукции на его основе [Бояркина и др., 1995; Якуш и др., 1997]. Внесение дополнительных компонентов растительного и животного происхождения обеспечивает повышение водоудерживающей способности и эластичности, улучшение структуры и высокие органолептические характеристики, биологическую и диетическую ценность продукта. Рекомендации учёных ТИНРО по использованию фарша минтая в технологии кулинарных изделий широко использовались в нашей стране на предприятиях общественного питания и в оздоровительных учреждениях, для приготовления пищи в домашних условиях. На основе фарша минтая были разработаны различные продукты, в том числе формованные изделия, пудинги, колбасы, хлебцы, чипсы и др. [Бояркина, Якуш, 2001; Бояркина и др., 2001; Салтанов, 2011; Мустафаева, 2021; Сухарева, 2021].

Из молок минтая также был разработан ассортимент кулинарных изделий, например, «Молоки минтая жареные в кляре», «Плов из молок минтая», «Солянка из молок минтая с морской капустой», «Молоки минтая тушёные с овощами» и др. [Чупикова, Ярочкин, 2001].

Исследования по использованию фарша минтая в колбасном производстве позволили разработать ассортимент варёных и сыровяленых колбас [Шульгина и др., 1988; Михалева и др., 1994, 1997; Бояркина, Якуш, 2001; Мустафаева и др., 2021]. Основные этапы получения колбас из фарша минтая близки к технологиям производства мясных колбасных изделий. В состав фаршевой смеси для колбас изделий вводили свиное сало шпик (для придания нежности, жирности и необходимости создания рисунка на срезе батона), сухое молоко, кровь теплокровных животных, вкусоароматические и стабилизирующие добавки. Колбасы, приготовленные из промытого фарша минтая, имели лучшие органолептические свойства, например, эластичность их была на 8,0% выше, чем из фарша непромытого. Введение концентрата рыбного белкового в колбасные смеси обеспечивают снижение массовой доли влаги и повышение содержания белков.

Высокими товароведными свойствами характеризовались сыровяленые колбасы из минтая, в составе которых содержание фарша составляет около 70,0% [Михалева и др., 1994; 1997]. Сыровяленые колбасы по внешнему виду, структуре, цвету и рисунку на разрезе, вкусовым характеристикам аналогичны таковым колбасным изделиям из мясного сырья. Содержание белков в сыровяленых колбасах составляло 28,8%, жира – 27,0–28,5%.

² Купина Н.М., Кудряшова М.В. 1995. Способ приготовления слабосоленой рыбопродукции из несозревающих видов рыб. Патент РФ № 2040189. Оpubл. 25.07.1995.

³ Поваляева Н.Т., Купина Н.М., Герасимова Н.А. 1997. Способ приготовления малосоленого кремообразного продукта из гидробионтов. Патент РФ № 2077849. Оpubл. 27.04.1997.

⁴ Ярочкин А.П., Чупикова Е.С., Блинов Ю.Г., Курханова В.М. 1998. Способ производства консервов из минтая. Патент РФ № 2110195. Оpubл. 10.05.98.

Была разработана технология изготовления **концентрата рыбного белка** (КРБ) из минтая [Бояркина, 1997]. Технологическая схема его получения включала обработку фарша паром, прессование до остаточного содержания влаги 50,0–60,0%, обезжиривание спиртовой экстракцией, сушку до содержания влаги не более 10%, тонкое измельчение и фасование. Полученный из минтая КРБ представляет собой порошок белого цвета нейтрального вкуса и запаха [Павлова и др., 1989]. Выход КРБ из минтая по отношению к сырой массе рыбы составляет 5,6%. Массовая доля белков в готовом КРБ составляет 86,9%, жира — не более 0,3%. КРБ используется в качестве высокобелковой добавки в различные продукты питания, в том числе диетического назначения.

На основе промытого фарша минтая были разработаны технологии получения **имитированной и аналоговой продукции**, в том числе имитирующей мускул морского гребешка, мясо ракообразных (креветок, крабов), солёного лосося и различные белковые пасты [Логачева и др., 1991; Акулин, Блинов, 1995]. Принцип создания их сводится к получению структуры и формы традиционного продукта, а также приданию ему соответствующих органолептических свойств за счёт использования различных цветовых и вкусо-ароматических добавок. Структурирование и создание формы достигается термической обработкой, ферментированием или использованием структурообразователей.

Для формирования цветовых и вкусоароматических характеристик аналоговой продукции на основе фарша минтая из концентрата белков криля был получен ароматизатор с выраженным сладковатым креветочным запахом, обусловленным накоплением диметилсульфида при расщеплении β -диметилпропиотенина [Воронцов и др., 1986; 1988].

Ароматизатор для аналогов лососевых на основе фарша минтая получен из рафинированного рыбного жира сардины иваси [Якуш и др., 1986]. Технология этого ароматизатора включала удаление свободных жирных кислот, перекисей и нейтральных соединений.

Краситель для окрашивания аналоговой солёной рыбной продукции из фарша минтая был получен из панциря камчатского краба после варки и удаления мяса [Воронцов и др., 1986; Якуш и др., 1986].

При переработке минтая на крупнотоннажных судах после филетирования и разделки на тушку формируются достаточно большие объёмы икры, печени, кожи, молока и других вторичных отходов (головы, хребтовые кости, хвостовые плавники, брюшина). Содержание сбалансированных по аминокислотному составу белков в них составляет не менее 10,0% [Ярочкин и др., 1997]. Использование их для получения белковых продуктов актуально и сейчас.

Рациональным способом переработки мелкоразмерного минтая и отходов от разделки рыбы явилось получение **гидролизатов**, представляющих собой белковые, белково-минеральные или минеральные (костные) продукты для использования в пищевых и кормовых целях [Василькова, Ярочкин, 1983; Ярочкин, 2001].

Ферментативная переработка минтая и отходов его производства показала значительные преимущества перед технологией кислотных гидролизатов, так как не связана с применением агрессивных реагентов. Ферментативные гидролизаты из съедобных частей тела минтая были использованы для получения паст, соусов, эмульсий, белковых концентратов, ферментативной муки, костной муки и других продуктов [Роль и др., 1997; Чупикова, 2000; Ярочкин, 2001; Кузнецов, 2002; Помоз и др., 2012; Гущина, Красноштанова, 2017; Деметьева, Богданов, 2018].

Фарш минтая был использован при разработке биотехнологии пробиотической продукции (кефиrow, йогуртов, творожных и сыроподобных изделий) [Якуш и др., 1997; Классен, Слуцкая; 1999; Дроздова и др., 2001].

Из кожи минтая получены бульоны, обладающие структурообразующими и пенообразующими свойствами, на основе которых разработаны несколько рецептов белковых соусов, имеющих стойкую однородную структуру белого цвета, приятный вкус и запах [Чупикова, 2000; Ярочкин, 2001].

Молоки минтая после температурной обработки и гомогенизации образуют стойкие эмульсии, на основе которых разработаны соусы и майонезы [Чупикова, 2000; Ярочкин, 2001; Калининченко и др., 2008].

Печень минтая характеризуется высоким содержанием витамина А, количество которого регламентируется при получении пищевого и медицинского жира. Исследования по извлечению жира из печени минтая при разных температурных условиях показали различный выход витамина А в его фракциях [Крутченский и др., 1989]. Вытапливание жировой фракции из печени минтая при разных температурах позволило получать жир с определённой концентрацией витамина А, что авторами было использовано в технологии на пищевой и медицинский жир, а также препарат «Витамин А в жире».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, современную переработку минтая уже можно с полным правом считать безотходной, так как в ней определены пути использования всех частей тела рыбы.

Проведённые в ТИНРО исследования представляют особую научную ценность, поскольку касаются

как частных, так и фундаментальных проблем при переработке минтая, например, структурообразования, вкусо-ароматики и цветообразования продуктов. К сожалению, часть предложенных разработок сложно реализовать в практику в условиях преобладающей морской переработки минтая, существенно сужающей ассортимент продукции из него.

В этой связи экономика минтаевого промысла имеет существенные резервы. Многие перечисленные технологии за счёт их сложности можно реализовать только в условиях береговых предприятий. Строительство новых, современных перерабатывающих комплексов открывает такие возможности. В свою очередь, географическая разобщённость районов промысла минтая и береговой переработки делают проблемной доставку на берег свежего сырья, из которого можно получать высококачественные продукты. Доставка на берег полуфабриката шоковой заморозки, аналогичного по качеству свежему сырью, также позволит производить в береговых условиях такие продукты как сурими, натуральные консервы из печени и икры, для обеспечения высокого качества которых необходимо свежее сырьё.

Хранение печени минтая и полученного из неё жира, склонного к окислению, остаётся отдельной проблемой, для решения которой необходимы новые инновационные подходы. Поэтому на современном этапе, при узловом значении минтая для отечественного рыбного хозяйства, его эффективное использование должно оставаться предметом приоритетного внимания науки в сфере технолого-экономических проблем.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

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

ЛИТЕРАТУРА

- Акулин В.Н., Блинов Ю.Г. 1995. Исследования в области технологии использования рыб и нерыбных объектов Дальнего Востока // ТИНРО — 70 / ред. В.П. Шунтов. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 32–51.
- Богданов В.Д., Карпенко В.И., Норинев Е.Г. 2005. Водные биологические ресурсы Камчатки: Биология, способы добычи, переработка. Петропавловск-Камчатский: Новая книга. 264 с.
- Бояркина Л.Г. 1997. Концентрат белка из рыбного сырья // Рыбное хозяйство. № 4. 55 с.
- Бояркина Л.Г., Якуш Е.В. 2001. Улучшение формулирующей способности непромытых фаршей рыб прибрежного лова // Известия ТИНРО. Т. 129. С. 274–278.
- Бояркина Л.Г., Дроздова Л.И., Якуш Е.В., Ерошкина М.Я. 1995. Технология и характеристика диетических кулинарных изделий на основе фарша минтая // Известия ТИНРО. Т. 118. С. 138–141.
- Бояркина Л.Г., Галкина Л.М., Якуш Е.В., Швидкая З.П., Лепская Н.В., Долбнина Н.В. 1999. Совершенствование технологии консервов на основе фарша рыб // Известия ТИНРО. Т. 125. С. 383–387.
- Бояркина Л.Г., Якуш Е.В., Эпштейн Л.М., Аюшин Н.Б. 2001. Комбинированные формованные продукты на основе рыбного и тауриносодержащего сырья // Известия ТИНРО. Т. 129. С. 279–283.
- Василькова Г.М., Ярочкин А.П. 1983. Производство пищевых гидролизатов из объектов морского промысла // Рыбное хозяйство. № 5. С. 65–67.
- Виняр Т.Н., Миленина Н.И., Наседкин А.В., Павловский А.М., Слуцкая Т.Н., Якуш Е.В. 1995. Исследование термостабильных протеаз мышечной ткани минтая и фарша сурими и влияние ингибиторов на их активность // Известия ТИНРО. Т. 118. С. 96–104.
- Воронцов С.Н., Якуш Е.В., Ярочкин А.П. 1986. Метод объективной окраски мышечной ткани солёных лососевых // Исследования по технологии гидробионтов дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. С. 46–56.
- Воронцов С.Н., Якуш Е.В., Ярочкин А.П. 1988. Исследование красителя из отходов переработки беспозвоночных для окраски пищевых продуктов // Тез. док. III Всесоюз. конф. «Разработка процессов получения комбинированных продуктов питания». С. 329.
- Гущина Д.А., Красноштанова А.А. 2017. Получение белковых гидролизатов из икры минтая и изучение их функциональных свойств // Бутлеровские сообщения. Т. 50. № 5. С. 134–141.
- Дементьева Н.В., Сахарова О.В., Федосеева Е.В. 2020. Технохимическая характеристика икры минтая // Мат. III нац. науч.-техн. конф. «Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации». Владивосток: Дальрыбвтуз. С. 129–133.
- Дементьева Н.В., Богданов В.Д. 2018. Обоснование технологических режимов производства крем-паштетов из икры минтая с бактериальным препаратом — микробиальным ренином «meito» // Мат. национальной очно-заочной науч.-практ. конф. «Новации в рыбной отрасли — импульс эффективного использования и сохранения биоресурсов мирового океана». Владивосток: Дальрыбвтуз. С. 132–138.
- Дроздова Л.И., Якуш Е.В., Орлова М.В. 2001. Гелеобразование в системах фарш минтая — соевое или коровье молоко с добавлением культур молочнокислых бактерий // Известия ТИНРО. Т. 129. С. 296–303.
- Калининченко Т.П., Ярочкин А.П., Тимчишина Г.Н., Кузнецов Ю.Н. 2008. Возможность ферментирования сырья при производстве майонеза из молок минтая // Известия ТИНРО. Т. 155. С. 355–360.

- Кизеветтер И.В. 1971. Технологическая и химическая характеристика промысловых рыб тихоокеанского бассейна. Владивосток: Дальиздат. 297 с.
- Класен Н.В., Слуцкая Т.Н. 1999. Классификация и получение аналогов пищевых продуктов // Известия ТИНРО. Т. 125. С. 344–358.
- Кузнецов Ю.Н. 2002. Обоснование биотехнологической модификации отходов от разделки минтая. Автореф. ... канд. техн. наук. Владивосток: ТИНРО. 24 с.
- Крутченский Г.В., Янчева Р.Г., Бородина Н.В., Овчинников В.В. 1989. Получение медицинского жира из печени минтая // Рыбное хозяйство. № 11. С. 80–84.
- Купина Н.М., Баштовой А.Н. Павел К.Г. 2015. Исследование химического состава, биологической ценности и безопасности минтая *Theragra chalcogramma* залива Петра Великого // Известия ТИНРО. Т. 180. С. 310–319.
- Леванидов И.П. 1968. Классификация рыб по содержанию в их мясе жира и белков // Рыбное хозяйство. № 10. С. 64–66.
- Леванидов И.П., Ионас Г.П., Слуцкая Т.Н. 1987. Технология солёных, копчёных и вяленых рыбных продуктов. М.: Агропромиздат. 158 с.
- Логачева О.В., Ломако И.А., Слуцкая Т.Н., Тимчишина Г.Н. 1991. Нетрадиционные продукты из минтая // Рыбное хозяйство. № 3. С. 65–67.
- Михалева В.Ф., Бояркина Л.Г., Якуш Е.В. 1994. Производство сыровяленых колбас из минтая // Рыбное хозяйство. № 6. С. 49–51.
- Михалева В.Ф., Шульгина Л.В., Бояркина Л.Г., Садовникова Т.И. 1997. Обоснование технологии рыбных сыровяленых колбас с использованием микробных заквасок // Известия ТИНРО. Т. 120. С. 180–183.
- Мустафеева В.М., Мангазеев А.В., Ефимов А.А. 2021. Обоснование использования измельчённой мышечной ткани минтая и сухой творожной сыворотки в технологии варёных колбасных изделий // Региональные проблемы развития Дальнего Востока России и Арктики. С. 51–56.
- Павлова Ж.П., Бояркина Л.Г., Михалёва В.Ф., Касторных М.С. 1989. Концентрат рыбного белка // Пищ пром-ть. № 12. С. 44–45.
- Покровский Б.И., Бек-Булат Г.З., Кайзер К.А. 2017. Современное состояние и перспективы развития рынков сбыта продукции из минтая // Вопросы рыболовства. Т. 18. С. 358–367.
- Помоз А.С., Ярочкин А.П., Никулин Ю.Н., Прудченко Л.И., Сахарова О.В. 2012. Безопасность и биологическая ценность ферментированных кормовых продуктов из отходов переработки дальневосточных рыб // Известия ТИНРО. Т. 168. С. 301–309.
- Роль Л.Н., Бывальцева Т.М., Якуш Е.В. 1997. Микробиологическая оценка технологии эмульсионных продуктов на основе ферментолита из рыбного фарша // Известия ТИНРО. Т. 120. С. 204–208.
- Салтанов Д.М. 2011. Технология рациональной переработки гидробионтов // Вестник КамГТУ. № 15. С. 56–61.
- Слуцкая Т.Н. 1997. Биохимические аспекты регулирования протеолиза. Владивосток: ТИНРО-Центр. 148 с.
- Стецюк В.В. 2019. Современное состояние и проблемы рыбной промышленности Российской Федерации // Тамонная политика России на Дальнем Востоке. № 2 (87). С. 65–76.
- Сухарева Т.Н. 2021. Разработка рецептуры котлет из минтая с добавлением овсяного толокна и кабачка для функционального питания // Наука и Образование. Т. 4. № 2.
- Шульгина Л.В., Галкина Л.М., Шульгин Ю.П., Михалева В.Ф., Ярочкин А.П., Бояркина Л.Г. 1988. Санитарно-бактериологическая оценка использования крови животных при производстве рыбных колбас // Санитария и гигиена. № 8. С. 73–75.
- Химический состав российских пищевых продуктов. 2002. Справочник / Под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. М.: Дели принт. 236 с.
- Чупикова Е.С. 2000. Разработка технологий пищевых продуктов из отходов от разделки минтая. Автореф. ... канд. техн. наук. Владивосток: ТИНРО. 24 с.
- Чупикова Е.С., Ярочкин А.П. 2001. Технология кулинарных изделий и консервов из молок минтая // Известия ТИНРО. Т. 129. С. 237–244.
- Якуш Е.В., Соколова Л.И., Максимова О.Н., Воронцов С.Н. 1986. Исследование состава летучих соединений солёной ча-вычи и ароматизатора солёных лососевых // Исследования по технологии гидробионтов дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. С. 41–46.
- Якуш Е.В., Дроздова Л.И., Ерошкина М.Я. 1997. Исследование процесса гелеобразования в системе рыбного, соевого и молочных белков // Известия ТИНРО. Т. 120. С. 244–253.
- Якуш Е.В., Бояркина Л.Г., Галкина Л.М., Швидкая З.П., Лепская Н.В., Долбнина Н.В. 1999. Совершенствование технологии консервов на основе фарша рыб // Известия ТИНРО. Т. 125. С. 383–387.
- Ярочкин А.П. 2000. Комплексная переработка минтая // Рыбное хозяйство. № 1. С. 62–63.
- Ярочкин А.П. 2001. Научно-практические основы технологий комплексной переработки маломерных гидробионтов и вторичного сырья от разделки рыбы. Автореф. ... д-ра техн. наук. Владивосток: ТИНРО. 52 с.
- Ярочкин А.П., Бойцова Т.М. 2018. Технология, процессы, технические средства получения пищевого фарша из мелких рыб и его использование // Известия ТИНРО. Т. 193. С. 237–253.
- Ярочкин А., Курихина Л.С. 1999. Фарш «Восточный» из минтая // Рыбное хозяйство. № 1. С. 52–53.
- Ярочкин А.П., Чупикова Е.С., Кузнецов Ю.Н., Градов Н.А. 1997. Биотехнологическая утилизация белоксодержащих отходов рыбопереработки // Известия ТИНРО. Т. 120. С. 44–48.
- Guenneugues P., Ianelli J. 2013. Surimi resources and market // Surimi and surimi seafood / ed. Park J.W. CRC Press. P. 25–53.

REFERENCES

- Akulin V.N., Blinov Yu.G. 1995. Research in the field of technology for the use of fish and non-fish objects of the Far East // TINRO-70. / ed. Shuntov V.P. Vladivostok: TINRO-center Publish. Pp. 32–51.
- Bogdanov V.D., Karpenko V.I., Norinov E.G. 2005. Aquatic biological resources of Kamchatka: Biology, extraction

- methods, processing. Petropavlovsk-Kamchatsky: New book. 264 p.
- Boyarkina L.G. 1997. Protein concentrate from fish raw materials // *Rybnoe hozyajstvo*. No. 4. P. 55.
- Boyarkina L.G., Yakush E.V. 2001. Improving the forming ability of unwashed minced fish from coastal fishing // *Izvestiya TINRO*. V. 129. P. 274–278.
- Boyarkina L.G., Drozdova L.I., Yakush E.V., Eroshkina M. Ya. 1995. Technology and characteristics of dietary culinary products based on pollock mince // *Izvestiya TINRO*. V. 118. P. 138–141.
- Boyarkina L.G., Galkina L.M., Yakush E.V., Shvidkaya Z.P., Lepskaya N.V., Dolbnina N.V. 1999. Improving the technology of canned food based on minced fish // *Izvestiya TINRO*. V. 125. P. 383–387.
- Boyarkina L.G., Yakush E.V., Epshtein L.M., Ayushin N.B. 2001. Combined molded products based on fish and taurine-containing raw materials // *Izvestiya TINRO*. V. 129. P. 279–283.
- Vasilkova G.M., Yarochkin A.P. 1983. Production of food hydrolysates from marine fisheries // *Fisheries*. No. 5. P. 65–67.
- Vinyar T.N., Milenina N.I., Nasedkin A.V., Pavlovsky A.M., Slutskaya T.N., Yakush E.V. 1995. Study of thermostable proteases of the muscle tissue of pollock and minced surimi and the effect of inhibitors on their activity // *Izvestiya TINRO*. V. 118. P. 96–104.
- Vorontsov S.N., Yakush E.V., Yarochkin A.P. 1986. The method of objective staining of the muscle tissue of salted salmon // *Research on the technology of hydrobionts of the Far Eastern seas*. Vladivostok: TINRO Publish. Pp. 46–56.
- Vorontsov S.N., Yakush E.V., Yarochkin A.P. 1988. Study of a dye from invertebrate processing waste for coloring food products // *Sat. III All-Union. conf. «Development of processes for obtaining combined food products»: abstract. doc.* 1988, p. 329.
- Gushchina D.A., Krasnoshtanova A.A. 2017. Obtaining protein hydrolysates from pollock caviar and studying their functional properties // *Butlerov Reports*. V. 50. No. 5. S. 134–141.
- Dementieva N.V., Sakharova O.V., Fedoseeva E.V. 2020. Technochemical characteristics of pollock roe // *Innovative development of the fishing industry in the context of ensuring the food security of the Russian Federation: materials of the III National Scientific and Technical Conference*. Vladivostok: Dalrybvtuz Publish. Pp. 129–133.
- Dementieva N.V., Bogdanov V.D. 2018. Substantiation of technological regimes for the production of cream pates from pollock roe with a bacterial preparation – microbial renin “METO” // *Proc. of the national part-time scient. and pract. conf. «Innovations in the fishing industry – an impulse effective use and conservation of bioresources of the oceans»*. Vladivostok: Dalrybvtuz Publish. Pp. 132–138.
- Drozdova L.I., Yakush E.V., Orlova M.V. 2001. Gelation in systems of pollock mince – soy or cow’s milk with the addition of cultures of lactic acid bacteria // *Izvestiya TINRO*. V. 129. P. 296–303.
- Kalinichenko T.P., Yarochkin A.P., Timchishina G.N., Kuznetsov Yu.N. 2008. The possibility of fermenting raw materials in the production of mayonnaise from pollock milt // *Izvestiya TINRO*. V. 155. P. 355–360.
- Kizevetter I.V. 1971. Technological and chemical characteristics of commercial fish of the Pacific basin. Vladivostok: Dalizdat. 297 p.
- Klassen N.V., Slutskaya T.N. 1999. Classification and obtaining analogues of food products // *Izvestiya TINRO*. V. 125. P. 344–358.
- Kuznetsov Yu.N. 2002. Substantiation of biotechnological modification of pollock cutting waste. Ph.D. abstract. Vladivostok: TINRO Publish. 24 p.
- Krutchensky G.V., Yancheva R.G., Borodina N.V., Ovchinnikov V.V. 1989. Obtaining medical fat from pollock liver // *Fisheries*. No. 11. P. 80–84.
- Kupina N.M., Bashtova A.N., Pavel K.G. 2015. Study of the chemical composition, biological value and safety of pollock *Theragra chalcogramma* in Peter the Great Bay // *Izvestiya TINRO*. V. 180. P. 310–319.
- Levanidov I.P. 1968. Classification of fish according to the content of fat and protein in their meat // *Rybnoe hozyajstvo*. No. 10. Pp. 64–66.
- Levanidov I.P., Ionas G.P., Slutskaya T.N. 1987. Technology of salted, smoked and dried fish products. Moscow: Agropromizdat. 158 p.
- Logacheva O.V., Lomako I.A., Slutskaya T.N., Timchishina G.N. 1991. Non-traditional pollock products // *Fisheries*. No. 3. P. 65–67.
- Mikhaleva V.F., Boyarkina L.G., Yakush E.V. 1994. Production of dry-cured sausages from pollock // *Fisheries*. No. 6. P. 49–51.
- Mikhaleva V.F., Shulgina L.V., Boyarkina L.G., Sadovnikova T.I. 1997. Substantiation of the technology of dry-cured fish sausages using microbial starter cultures // *Izvestiya TINRO*. V. 120. P. 180–183.
- Mustafaeva V.M., Mangazeev A.V., Efimov A.A. 2021. Substantiation of the use of chopped pollock muscle tissue and dry curd whey in the technology of boiled sausages // *Regional problems of the development of the Russian Far East and the Arctic*. Pp. 51–56.
- Pavlova Zh.P., Boyarkina L.G., Mikhaleva V.F., Kastornykh M.S. 1989. Fish protein concentrate // *Food industry*. No. 12. P. 44–45.
- Pokrovsky B.I., Bek-Bulat G.Z., Kaiser K.A. 2017. Current state and prospects for the development of markets for products from pollock // *Problems of fishing*. V. 18. P. 358–367.
- Pomoz A.S., Yarochkin A.P., Nikulin Yu.N., Prudchenko L.I., Sakharova O.V. 2012. Safety and biological value of fermented feed products from processing waste of Far Eastern fish // *Izvestiya TINRO*. V. 168. P. 301–309.
- Rol L.N., Byvaltseva T.M., Yakush E.V. 1997. Microbiological assessment of the technology of emulsion products based on fermentolysate from minced fish // *Izvestiya TINRO*. V. 120. P. 204–208.
- Saltanov D.M. 2011. Technology of rational processing of hydrobionts // *Bulletin of the Kamchatka State Technical University*. No. 15. S. 56–61.
- Slutskaya T.N. 1997. Biochemical aspects of regulation of proteolysis. Vladivostok: TINRO-center. 148 p.

- Stetsyuk V.V. 2019. Current state and problems of the fishing industry of the Russian Federation // Customs policy of Russia in the Far East. No. 2 (87). P. 65–76.
- Sukhareva T.N. 2021. Development of a recipe for pollock cutlets with the addition of oatmeal and zucchini for functional nutrition // Science and Education. V. 4. No. 2.
- Shulgina L.V., Galkina L.M., Shulgin Yu.P., Mikhaleva V.F., Yarochkin A.P., Boyarkina L.G. 1988. Sanitary and bacteriological assessment of the use of animal blood in the production of fish sausages // Sanitary and hygiene. No. 8. S. 73–75.
- Chemical composition of Russian food products. 2002. Handbook. / ed. I.M. Skurikhin, V.A. Tutelyan. M.: DeLi print. 236 p.
- Chupikova E.S. 2000. Development of technologies for food products from pollock cutting waste. PhD abstract. Vladivostok: TINRO. 24 p.
- Chupikova E.S., Yarochkin A.P. 2001. Technology of culinary products and canned food from pollock milk // Izvestiya TINRO. V. 129. P. 237–244.
- Yakush E.V., Sokolova L.I., Maksimova O.N., Vorontsov S.N. 1986. Study of the composition of volatile compounds of salted chinook salmon and flavoring of salted salmon // Research on the technology of hydrobionts of the Far Eastern seas: Sat. scientific tr. Vladivostok: TINRO. Pp. 41–46.
- Yakush E.V., Drozdova L.I., Eroshkina M. Ya. 1997. Study of the process of gel formation in the system of fish, soy and milk proteins // Izvestiya TINRO. V. 120. P. 244–253.
- Yakush E.V., Boyarkina L.G., Galkina L.M., Shvidkaya Z.P., Lepskaya N.V., Dolbnina N.V. 1999. Improving the technology of canned food based on minced fish // Izvestiya TINRO. V. 125. P. 383–387.
- Yarochkin A.P. 2000. Complex processing of pollock // Rybnoe hozyajstvo. No. 1. Pp. 62–63.
- Yarochkin A.P. 2001. Scientific and practical foundations of technologies for the complex processing of small-sized aquatic organisms and secondary raw materials from fish cutting. Abstr. dis. Dr. tech. Sciences. Vladivostok: TINRO. 52 p.
- Yarochkin A.P., Boytsova T.M. 2018. Technology, processes, technical means for obtaining food minced meat from small fish and its use // Izvestiya TINRO. V. 193. P. 237–253.
- Yarochkin A., Kurikhina L.S. 1999. Minced pollock «Vostochny» // Fisheries. No. 1. P. 52–53.
- Yarochkin A.P., Chupikova E.S., Kuznetsov Yu.N., Gradov N.A. 1997. Biotechnological utilization of protein-containing fish processing waste // Izvestiya TINRO. V. 120. P. 44–48.
- Guenneugues P., Ianelli J. 2013. Surimi resources and market // Surimi and surimi seafood / ed. Park J.W. CRC Press. P. 25–53.

*Поступила в редакцию 16.06.2022 г.
Принята после рецензии 05.09.2022 г.*



Технология переработки водных биоресурсов

Современные тенденции использования минтая для производства фарша сурими

Е.Н. Харенко, Н.Н. Яричевская

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

Целью настоящего исследования является сравнительный анализ данных по выходу мороженого фарша сурими из некоторых видов тресковых рыб на основании результатов проведённых опытно-контрольных работ (ОКР).

Используемые методы: ОКР проводили в соответствии с требованиями «Методики определения норм расхода сырья при производстве продукции из гидробионтов» [Методики определения норм ..., 2002]. Расчёты результатов ОКР выполняли с использованием программного обеспечения для обработки результатов ОКР при производстве мороженого фарша сурими. Было проведено 12 ОКР (по 4 ОКР на каждый вид рыбы), при этом на изготовление мороженого фарша сурими было направлено 22 150 кг минтая, 33 400 кг бычка дальневосточного и 20 650 кг наваги.

Новизна: на основании проведённых ОКР получены данные по выходу мороженого фарша сурими из тресковых рыб, изготовленного на современной линии в условиях берегового предприятия. Установлено, что выход фарша сурими из минтая по результатам ОКР в среднем на 2,0% выше значений, полученных для бычка дальневосточного и наваги.

Результат: проведён анализ современного производства фарша сурими, который свидетельствует о тенденции к расширению сырьевой базы для его производства за счёт рыб с высоким содержанием жира и тёмным цветом мяса, в том числе тепловодных; объектов прудовой аквакультуры; малоценной и маломерной рыбы, что в определённой степени способствует снижению себестоимости готового продукта. Однако наиболее предпочтительным сырьём для получения качественного сурими с высоким выходом, высокой степенью белизны и способностью к образованию прочного геля является минтай размером 35–45 см.

Практическая значимость: полученные результаты позволяют определить современные тенденции и перспективы использования минтая для изготовления пищевой рыбной продукции глубокой переработки. Уникальные свойства фарша сурими и увеличение объёмов его выработки позволяют расширить линейку легкоусвояемой белковой рыбной продукции для различных групп населения.

Ключевые слова: минтай, фарш сурими, выход продукции, имитированная деликатесная продукция.

Current trends in the use of pollock for the production of surimi minced meat

Elena N. Kharenko, Natalia N. Yarichevskaya

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

The purpose of this study is a comparative analysis of data on the yield of surimi minced meat from some types of cod fish based on the results of experimental and control work (ECW).

Methods used: experimental and control work was carried out according to the «Methods for determining the consumption rates of raw materials in the production of products from hydrobionts». Calculations of experimental and control work results were performed using software for processing the results in the production of frozen surimi minced meat. 12 ECW were carried out (4 ECW for each type of fish), while 22,150 kg of pollock, 33,400 kg of far eastern goby and 20,650 kg of saffron cod were directed to the production of surimi minced meat.

Novelty: on the basis of the research and development work carried out, data were obtained on the yield of surimi minced meat from cod fish, made on a modern line in the conditions of a coastal enterprise. It has been established that the yield of surimi minced meat from pollock according to the results of ECW is on average 2,0% higher than the values obtained for the far eastern goby and saffron cod.

Result: an analysis of the modern production of surimi minced meat was carried out, which indicates a trend towards expanding the raw material base for its production due to fish with a high fat content and dark meat color, including warm-water ones; objects of pond aquaculture; low-value and small-sized fish, which to a certain extent helps to reduce the cost of the finished product. However, pollock 35–45 cm in size is the most preferred raw material for obtaining high-quality «surimi» with a high yield, high degree of whiteness and the ability to form a strong gel.

Practical significance: the results obtained allow us to determine current trends and prospects for the use of pollock for the manufacture of fish food products of deep processing. The unique properties of surimi minced meat and the increase in its production will expand the range of easily digestible fish protein products for various population groups.

Keywords: pollock, surimi minced meat, production rates, simulated delicacy products.

ВВЕДЕНИЕ

В линейке фаршевых изделий из рыбы особое место занимает рыбная продукция, изготавливаемая из фарша сурими, получившая широкое распространение во всём мире, при этом интерес потребителя к такой продукции с каждым годом только растёт.

Способность фарша сурими образовывать при определённой обработке сырья прочные гели позволяет изготавливать из него продукты различной формы и структуры, в частности, аналоги дорогостоящей продукции из рыбы и беспозвоночных, так называемую «имитированную пищевую рыбную продукцию» [Харенко, Бедина, 2013].

Согласно ТР ЕАЭС 40/2016 «имитированная пищевая рыбная продукция» — пищевая рыбная продукция, воспроизводящая органолептические показатели заданного имитируемого продукта [Технический регламент ..., 2016]¹.

История промышленного производства фарша сурими насчитывает более 60-ти лет и берет своё начало в Японии, где в 60-е годы XX столетия была разработана технология изготовления мороженого рыбного фарша из многократно промытого чистой пресной или питьевой водой и обезвоженного мяса рыбы, перемешанного с солью и другими добавками [Колаковский, 1991].

Качество фарша сурими определяется чистотой миофибриллярных белков и уровнем гелеобразующей способности. Чистота миофибриллярных белков напрямую зависит от количества промывок фаршевой смеси в процессе приготовления и характеризуется степенью белизны готового фарша. Чем выше степень белизны и гелеобразующая способность готового фарша, тем выше его качество [Белецкий, 2019].

Следует отметить, что в самом начале развития промышленного производства сурими по японской классической технологии в качестве сырья использовался исключительно минтай, характеризующийся высоким содержанием белка и низким содержанием жира. В зимний период (октябрь-декабрь) и в период нагула минтая (июнь-октябрь) фарш из него получается с высокой гелеобразующей способностью [Бедина, Харенко, 2013].

Современные технологии позволяют использовать для приготовления фарша сурими не только минтай, но и виды рыб, для которых характерны тёмный цвет мяса и высокая жирность (сельди, ставриды, скумбрии и др.), а также объекты прудовой аквакультуры (тол-

стлобик, карп и др.) [Дворянинова, Калач, 2010²; Калач, 2011³], что в определённой степени способствует снижению себестоимости готового продукта.

В настоящее время производство фарша сурими, в основном, ориентировано на береговые предприятия, где, как правило, нет недостатка в производственных площадях для размещения оборудования и ресурсном обеспечении (питьевой или чистой пресной водой, электроэнергией).

Вместе с тем, современные линии для производства сурими, оснащённые рыборазделочным оборудованием нового поколения, неопрессами, декантерными центрифугами, позволяют в значительной степени снизить затраты на ресурсы и сократить потребность в площадях, что очень важно для наращивания объёмов производства фарша сурими в судовых условиях.

Наиболее известной имитированной продукцией, вырабатываемой на основе фарша сурими, представленной на российском рынке, являются привычные для россиян «крабовые палочки» и «крабовое мясо», при этом в структуре мирового производства сурими используется в качестве сырья для приготовления широкого ассортиментного ряда пищевой рыбной продукции, которая различается по составу и способу обработки [Белецкий, 2019].

Выделяют следующие виды рыбной продукции на основе фарша сурими:

- обработанная паром («крабовые палочки», «крабовое мясо»);
- варёная («рыбные шарики»);
- жареная («камабоко»);
- гриль («чикува»);
- формованная («креветки»).

Стараясь снизить себестоимость имитированной рыбной продукции, производители изменяют состав фаршевой смеси, понижая её сортность за счёт использования малоценной и маломерной рыбы, а также нетрадиционных для этой технологии виды тепловодных рыб (большеглазый окунь, серебристый окунь и др.) [Решетников и др., 1989].

Вместе с тем, анализ мирового рынка фарша сурими свидетельствует об имеющемся тренде роста требований к его качеству, во многом зависящего от сырьевой базы, лучшей из которой, по мнению ми-

¹ ТР ЕАЭС 40/2016 Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбных продуктов», утв. Решением Евразийской экономической комиссии от 18.10.2016 г. № 162.

² Дворянинова О.П., Калач Е.В. 2010. Инновационные тенденции использования мяса пресноводных рыб в технологии фарша сурими // Мат. XLVIII отчётной науч. конф. преподавателей и науч. сотр. ВГТА за 2009 г. Часть 1. Воронеж. С. 152–156.

³ Калач Е.В. 2011. Разработка имитационных продуктов с использованием фарша прудовых рыб // Мат. XLIX отчётной науч. конф. преподавателей и науч. сотр. ВГТА за 2010 г. Часть 1. Воронеж. С. 161–165.

ровых лидеров производства сурими таких, как США, Китай, Япония, является, по-прежнему, минтай [Белецкий, 2019].

Минтай, по сей день, остаётся главным промысловым ресурсом России, его доля в национальном улове достигает 35,0%. Суммарный вылов минтая в 2021 г. по всем районам промысла Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна составил 1721 тыс. т. Общий допустимый улов минтая на 2022 г. установлен в размере 1927 тыс. т.⁴

Наблюдаемое в последнее время масштабное переоборудование действующего российского промыслового флота, постройка новых судов и рыбоперерабатывающих заводов, ориентированных на выпуск рыбной продукции глубокой переработки, создают предпосылки для наращивания в России объёмов собственного производства фарша сурими из минтая.

Это особенно актуально в свете возникших в настоящее время сложностей с поставками минтая в страны Юго-Восточной Азии и низких мировых цен на продукцию из него.

При производстве фарша сурими, наряду с его качественными характеристиками, большое значение имеет выход готовой продукции.

Целью настоящего исследования является сравнительный анализ данных по выходу мороженого фарша сурими из некоторых видов тресковых рыб на основании результатов проведённых опытно-контрольных работ (ОКР).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опытно-контрольные работы (ОКР) проводили в соответствии с требованиями «Методики определения норм расхода сырья при производстве продукции из гидробионтов» [Методики определения норм ..., 2002].

Расчёты результатов ОКР выполняли с использованием программного обеспечения для обработки результатов ОКР при производстве мороженого фарша сурими.

Статистическую обработку данных осуществляли с использованием компьютерных программ Excel и Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве сырья для производства фарша сурими при проведении ОКР использовали рыбу-сырец (минтай, бычок дальневосточный, навага), выловленную

в Тихоокеанской подзоне Южно-Курильской зоны (рис. 1) в летний период (июнь).

ОКР по определению выхода мороженого фарша сурими проводили на современной автоматизированной линии японского производства Yanagiya Machinery (производительность линии по готовой продукции 20 т в сутки), состоящей из ёмкости-дозатора со шнековой подачей разделанного сырья, моечного барабана, скребкового конвейера подачи тушки на мясокостный сепаратор (неопресс), мясокостного сепаратора, промывочной ёмкости с мешалкой, поршневого насоса подачи пульпы на барабанное сито, фильтра, декантерной центрифуги для отделения влаги, мерной ёмкости для объёмного измерения фарша, фаршевой мешалки с таймером, ёмкости-дозатора со шнеками для формирования жгута сурими при расфасовке в полиэтиленовые пакеты. Замораживали фарш в плиточных скороморозильных аппаратах общей единовременной загрузкой 2 т.

Особенностью современных линий является возможность использования в качестве направленного сырья потрошёной рыбы и рыбы, разделанной на тушку, а не только пласт и филе рыбы, что позволяет увеличить выход мышечной ткани за счёт полного её снятия с позвоночной кости [Fishnews, 2011⁵]. При разделке рыбы на пласт и филе на позвоночной кости оставалось до 3,0–5,0% мышечной ткани.

Схема проведения ОКР по определению отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве мороженого фарша сурими из тресковых рыб представлена в табл. 1.

Согласно представленной схеме было проведено 12 ОКР (по 4 ОКР на каждый вид рыбы), при этом на изготовление мороженого фарша сурими было направлено 22 150 кг минтая, 33 400 кг бычка дальневосточного и 20 650 кг наваги.

Для производства сурими отбирали минтай размером 40–45 см, бычка дальневосточного — 26–30 см и навагу — 40–45 см, что обусловлено необходимым качеством мяса рыбы. Например, при приготовлении фарша сурими из минтая важно учитывать, что мышечная ткань минтая размером менее 35 см характеризуется нежной консистенцией и подвержена механическим повреждениям при вылове, что способствует снижению выхода продукции. Для получения качественного сурими с высоким выходом, высокой степенью белизны и способностью к образованию прочного геля оптимальный размер минтая, обладающего сформированной текстурой мяса, составляет

⁴ Производство филе и фарша минтая в России в 2021 г. выросло на 52,0%. МОСКВА, 24 января 2022 /ТАСС/. Доступно через: <https://tass.ru/ekonomika/13506923>.

⁵ Alfaplus — пропуск на рынок сурими. Fishnews № 4 (25). 2011. С. 32–33.

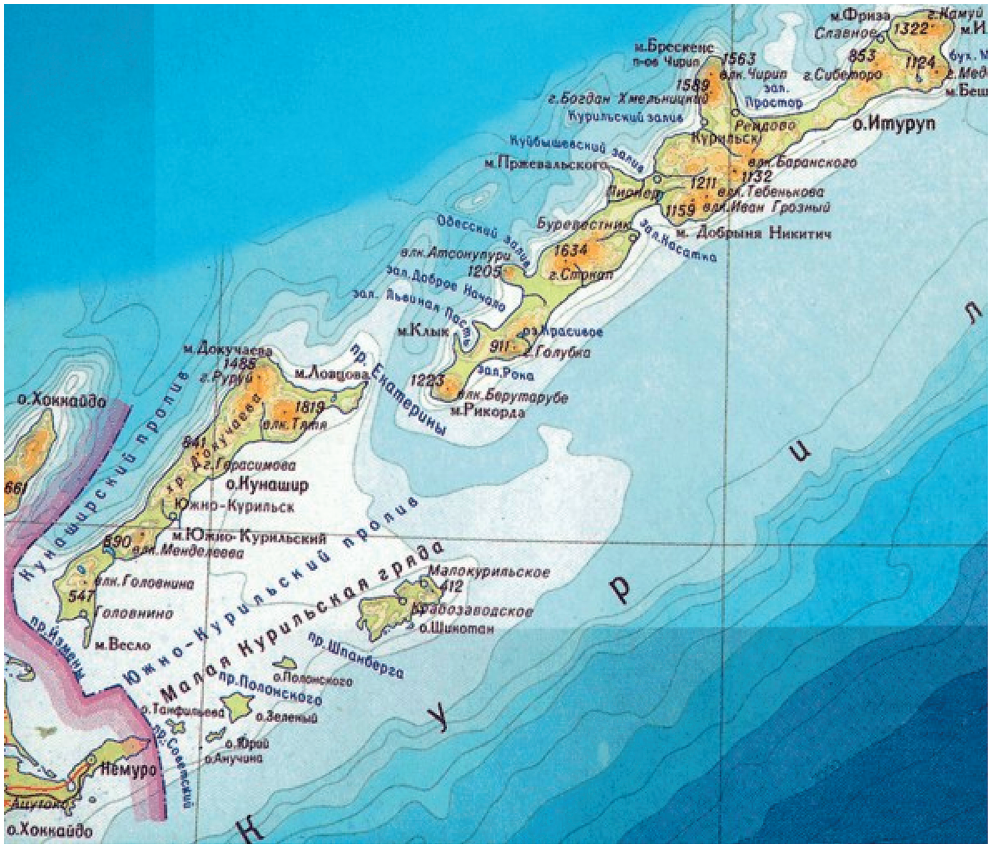


Рис. 1. Районы промысла минтая, бычка дальневосточного и наваги
Fig. 1. Fishing areas of pollock, far eastern goby and saffron cod

Табл. 1. Схема проведения ОКР по определению отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве мороженого фарша сурими из тресковых рыб

Table 1. Scheme of conducting the ECW to determine the waste, losses, yield of finished products and consumption of raw materials in the production of frozen surimi minced meat from cod fish

Наименование технологических операций	Контрольное взвешивание
1. Отбор опытно-контрольной партии после мойки	1. Промытая рыба
2. Разделка на тушку, зачистка, мойка, стекание	2. Разделанная рыба после мойки, зачистки и стекания 3. Отходы
3. Отделение мяса рыбы от кожи и костей (грубое измельчение), промывка, водоотделение, рафинирование, обезвоживание, тонкое измельчение, внесение стабилизирующих пищевых добавок: сахар, полифосфат натрия, сорбит*	4. Фарш после внесения стабилизирующих пищевых добавок: сахар, полифосфат натрия, сорбит* 5. Отходы
4. Фасование, замораживание, упаковывание	6. Тара для фасования 7. Фасованный фарш 8. Мороженный фарш

Примечание: * – по нормативным и техническим документам.

35–45 см. Сурими, приготовленный из минтая размером 45–55 см, имеет хорошую цветность и гелеобразующую способность, но при этом уступает фаршу из минтая размером 35–45 см из-за более грубой текстуры мяса.

По мере увеличения размера минтая (более 55 см) текстура мышечной ткани становится менее прочной, мясо приобретает коричневатый или сероватый оттенок и снижается способность к гелеобразованию [Бедина, Харенко, 2013].

Табл. 2. Выход мороженого фарша сурими из тресковых рыб
Table 2. Yield of frozen surimi minced meat from cod fish

Наименование показателя	Наименование готовой продукции		
	фарш сурими мороженный из минтая	фарш сурими мороженный из бычка дальневосточного	фарш сурими мороженный из наваги
Выход готовой продукции, %	20,9	18,5	19,2
Коэффициент расхода сырья на единицу готовой продукции (KPC)	4,785	5,405	5,208

В табл. 2 представлены результаты ОКР по выходу мороженого фарша сурими из тресковых рыб.

Сравнительный анализ данных табл. 2 показал, что выход фарша сурими из тресковых рыб в среднем составляет 19,5%, при этом выход сурими из минтая (20,9%) несколько выше значений, установленных для бычка дальневосточного (18,5%) и наваги (19,2%).

ВЫВОДЫ

1. Оптимальный размер минтая для получения качественного фарша сурими с высокой степенью белизны и способностью к образованию прочного геля составляет 35–45 см.

2. Выход фарша сурими из минтая по результатам опытно-контрольных работ в среднем на 2,0% выше значений, установленных для бычка дальневосточного и наваги.

3. Современные линии для производства фарша сурими позволяют использовать в качестве направленного сырья потрошённую рыбу и рыбу, разделанную на тушку, а не только пласт и филе рыбы, что обеспечивает увеличение выхода мышечной ткани за счёт полного её снятия с позвоночной кости.

4. Масштабное переоборудование действующего российского промыслового флота, постройка новых судов и рыбоперерабатывающих заводов, оснащённых современным оборудованием и ориентированных на выпуск рыбной продукции глубокой переработки, создают предпосылки для наращивания объёмов производства высококачественного фарша сурими из минтая, востребованного для изготовления имитированной деликатесной продукции.

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

- Бедина Л.Ф., Харенко Е.Н. 2013. Потенциальные возможности повышения качества и выхода фарша сурими на базе современного производства // Мат. конф. «Производство рыбной продукции: проблемы, новые технологии, качество». IX Межд. науч.-практ. конф. Калининград: Атлант-НИРО. С. 71–72.
- Белецкий А.А. 2019. Анализ мирового рынка сурими, а также ресурсные ограничения производства в России // Экономика в промышленности. Т. 12. № 1. С. 107–119.
- Бойцова Т.М. 2002. Современные технологии пищевого рыбного фарша и пути повышения их эффективности. Владивосток: Изд-во ДВГУ. 156 с.
- Колаковский Э. 1991. Технология рыбного фарша. М.: Агропромиздат. 220 с.
- Методики определения норм расхода сырья при производстве продукции из гидробионтов. 2002. М.: Изд-во ВНИРО. 270 с.
- Решетников Ю.С., Котляр А.Н., Расс Т.С., Шатуновский М.И. 1989. Пятиязычный словарь названий животных. Рыбы. Латинский, русский, английский, немецкий, французский / ред. В.Е. Соколов. М.: Русский язык. 280 с.
- Харенко Е.Н., Бедина Л.Ф. 2012. Новые подходы при производстве фарша сурими в условиях промысла // Тез. докл. Устойчивое использование биологических ресурсов морей России: проблемы и перспективы. Всерос. науч. конф. М.: Изд-во ВНИРО. С. 74.

REFERENCES

- Bedina L.F., Kharenko E.N. 2013. Potential opportunities for improving the quality and yield of minced surimi on the basis of modern production // Mater. of confer. «Production of fish products: problems, new technologies, quality». IX Interny scienu and practy conf. Kaliningrad: AtlantNIRO. Pp. 71–72. (In Russ.).
- Beletsky A.A. 2019. Analysis of the global surimi market, as well as resource constraints on production in Russia // Economics in Industry. T. 12. No. 1. P. 107–119. (In Russ.).
- Boytsova T.M. 2002. Modern technologies of food minced fish and ways to improve their efficiency. Vladivostok: FESU Publish. 156 p. (In Russ.).

- Kolakovsky E.* 1991. Minced fish technology. M.: Agropromizdat. 220 p. (In Russ.).
- Methods* for determining the consumption rates of raw materials in the production of products from hydrobionts. 2002. M.: VNIRO Publish. 270 p. (In Russ.).
- Reshetnikov Yu.S., Kotlyar A.N., Russ T.S., Shatunovsky M.I.* 1989. Five-language dictionary of animal names. Fish. Latin, Russian, English, German, French / Ed. V.E. Sokolov. M.: Russian language. 280 p. (In Russ.).
- Kharenko E.N., Bedina L.F.* 2012. New approaches to the production of surimi minced meat in the field // Abstr. of rep. «Sustainable use of biological resources of the Russian seas: problems and prospects». All-Russ. Scien. Conf. M.: VNIRO Publish. P. 74. (In Russ.).
- Поступила в редакцию 01.06.2022 г.*
Принята после рецензии 25.07.2022 г.



Технология переработки водных биоресурсов

Технологические особенности использования фарша минтая в детском питании

Е.С. Коноваленко, Н.Н. Яричевская, Е.Н. Харенко

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

Цель работы: описаны особенности технологии производства формованных многокомпонентных полуфабрикатов из фарша минтая для расширения ассортимента пищевой продукции для питания детей с использованием растительных компонентов.

Используемые методы: В работе использовали стандартные и модифицированные в процессе исследования химические, физико-химические, органолептические методы, а также методы компьютерного моделирования и статистической обработки результатов.

Элементом новизны является расширение и обновление ассортимента продукции на основе фарша минтая с растительными ингредиентами для изготовления формованной продукции для питания детей высокого качества и потребительских свойств.

Результаты исследования: обоснованы рецептуры формованной продукции на основе фарша минтая, исследованы физико-химические и органолептические и показатели качества, энергетическая ценность образцов формованной продукции.

Практическая значимость: разработанные рецептуры формованной продукции на основе фарша минтая с использованием растительных компонентов позволят расширить ассортимент продукции для питания детей различных возрастных групп.

Ключевые слова: минтай, фарш, питание детей, формованные полуфабрикаты.

Technological features of the use of minced pollock for children's nutrition

Elena S. Konovalenko, Natalia N. Yarichevskaya, Elena N. Kharenko

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

The aim: Describes of the production technology of molded multicomponent semi-finished products from minced pollock to expand the range of food products for children using plant components.

Methods used: In the work, we used standard and modified chemical, physicochemical, organoleptic methods, methods of computer modeling and statistical processing of the results.

Element of novelty: Development the range of products based on minced pollock with plant components for the produced of molded products for children's nutrition of high quality and consumer properties.

Results of the study: Contents of molded products based on minced pollock are substantiated, physicochemical and organoleptic and quality characteristics, energy value of samples of molded products are investigated.

Practical significance: The developed formulations of molded products based on minced pollock using plant components will expand the range of products for children's nutrition.

Keywords: pollock, minced meat, children's nutrition, molded semi-finished products.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время минтай (*Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814) является широко распространённым промысловым видом и относится к семейству тресковых (Gadidae). По объёму добычи минтай занимает лидирующее место среди тресковых рыб Мирового океана. Минтай остаётся главным промысловым ресурсом России в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне, его доля в национальном улове — 35 %. По состоянию на 1 мая 2022 г. российский вылов минтая достиг 932 тыс. т [Ассоциация добытчиков..., 2022]¹.

Являясь превосходным сырьём с точки зрения пищевой и биологической ценности, минтай недостаточно востребован в России, в отличие от стран Европы, Америки, а также Кореи и Японии, где его считают настоящим деликатесом и употребляют в пищу в большом количестве [Неизвестный минтай, 2020]². Интерес зарубежных потребителей определяется доступностью минтая в связи с относительно невысокой его стоимостью и хорошими пищевыми свойствами рыбы, характеризующимися полным набором макро- и микронутриентов.

Переработка минтая на российских рыбопромышленных судах носит в основном сырьевой и экспор-

¹ Ассоциация добытчиков минтая. Поставки минтая на внутренний рынок России за 4 месяца выросли почти на 34 %. Доступно через: <https://pollock.ru/news/postavki-mintaya-na-vnutrennij-rynok-rossii-za-4-mesyaca-vyrosli-pochti-na-34/> 20.05.2022.

² Неизвестный минтай. 2020. Доступно через: https://russianfishery.ru/upload/pdf/MINTAI-book_14.pdf 20.05.2022.

тоориентированный характер, при этом потенциал некоторых рынков сбыта российскими рыбохозяйственными компаниями используется недостаточно, наблюдается сильная зависимость от иностранной переработки [Покровский и др., 2017]. В нашей стране основными видами продукции из минтая, потребляемыми населением, является мороженая продукция низкой степени переработки. В то же время имеется положительная тенденция роста объемов производства мороженого филе и фарша. В 2021 г. общий объем производства филе, фарша, сурими из минтая в России достиг рекордных 150 тыс. т. Тренд на выпуск продукции глубокой переработки в России в ближайшие годы будет только усиливаться. По данным Ассоциации добытчиков минтая в начале 2022 г. наблюдалось увеличение выпуска пищевой рыбной продукции глубокой степени переработки. Так производство филе минтая увеличилось на 50%, фарша — на 92% по сравнению с аналогичным периодом 2021 г. При этом наблюдалось снижение производства минтая мороженого обезглавленного на 17%, что составило 280 тыс. т, минтая мороженого неразделанного — на 4% до 38,2 тыс. т [Дальневосточные рыбаки..., 2022]³.

Для создания здоровой конкурентной среды на российском рынке необходимо дальнейшее развитие продукции из минтая высокой степени переработки, особенно произведенной из фарша. Комбинирование фарша минтая с различными пищевыми ингредиентами позволяет создавать пищевую продукцию с улучшенными потребительскими свойствами [Сборец и др., 2010; Панкина и др., 2018; Титова, Мошарова, 2020]⁴. Так на основе фарша минтая с использованием растительных компонентов получен сбалансированный пищевой продукт, соответствующий физиологическим потребностям в микроэлементах [Цибизова, 2017]. Большое количество кулинарных изделий функциональной направленности приходится на продукцию из рыбного фарша [Зарубин и др., 2020; Бредихина и др., 2021; Формованное рыбное..., 2020]⁵.

Минтай считается диетическим продуктом. Согласно литературным данным (табл. 1), он характеризуется хорошим содержанием белков (16,4%) и очень

Таблица 1. Химический состав мышечной ткани минтая и удовлетворение суточной потребности в энергии и пищевых веществах, витаминах и минеральных веществах для детей

Table 1. The chemical composition of pollock muscle tissue and the satisfaction of the daily requirement in energy and nutrients, vitamins and minerals for children

Наименование показателя	Содержание в 100 г	% от суточной потребности ⁶
Белок, г	16,4	21,0
Жир, г	0,89	0,9
Энергетическая ценность, ккал	74	3,0
А, мкг	10	1,0
В ₁ , мкг	100	7,7
В ₂ , мкг	90	6,0
В ₆ , мкг	97	5,7
С, мкг	0,5	0,8
Железо, мг	0,80	5,4
Магний, мг	55	18,3
Фосфор, мкг	240	26,6
Калий, мг	420	16,8
Кальций, мг	40	3,3

незначительным содержанием жиров (0,89%). Энергетическая ценность минтая составляет 74 ккал.

Согласно представленным данным актуально включение минтая в питание детей, особенно с точки зрения безопасности и качества как важнейших составляющих здорового питания, в частности — использование его в качестве источника животного белка, витаминов и минеральных веществ. По оценке экспертов именно недостаток белка и микронутриентов в продуктах питания приводит к ухудшению здоровья детей [Тутельян, 2021].

Минтай является прекрасным сырьем для изготовления рыбного фарша, который в сочетании с различными пищевыми и вкусовыми ингредиентами может быть использован для изготовления формованной продукции высокой пищевой и биологической ценности, особенно для питания детей школьного возраста. Высокая усвояемость минтая и низкая аллергенность его белков позволяют рекомендовать минтай для включения в рационы в качестве ценного диетического продукта с хорошим вкусом [Абрамова, Гершунская, 2014].

Таким образом, разработка широкого ассортимента полуфабрикатов на основе фарша минтая для

³ Дальневосточные рыбаки наращивают производство филе, фарша и сурими. 2022. Доступно через: https://www.fishnet.ru/news/promysel_i_pererabotka/dalnevostochnye-rybaki-naraschivayut-proizvodstvo-file-farsha-i-surimi/. 04.05.2022.

⁴ Титова И.М., Мошарова М.Э. 2020. Рыбный формованный полуфабрикат / № 2715868. Патент РФ. 03.03.2020.

⁵ Формованное рыбное изделие. 2020. Гриценко Е.Г., Долганова Н.В., Цибизова М.Е., Уразаква А.К. // Патент РФ № 2710723 С1, 10.01.2020.

⁶ Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. 2021 / Методические рекомендации МР 2.3.1.0253–21. Изд-во: Москва. 72 с. Доступно через: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=18979

питания детей и подростков позволит более рационально использовать сырьё по сравнению с реализацией мороженой неразделанной или обезглавленной рыбы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве основного сырья использовали фарш минтая, хранившийся при температуре минус 18 °С не более трёх месяцев и соответствующий требованиям ГОСТ Р 55505–2013 [Фарш рыбный..., 2013]⁷.

Компьютерное моделирование рецептур полуфабрикатов и оценку биологической ценности проводили по методу профессора Н.Н. Липатова (мл) [Липатов и др., 2001] с помощью пакета программ Microsoft Excel. Химический состав сырья и готового продукта анализировали по ГОСТ 7636–85. Массовую долю белка определяли на автоматическом анализаторе «Kjeltec» модель 1003 (фирма Tecator, Швеция) по методу Кьельдаля. Общее содержание липидов определяли экстракционным методом Фолча [Folch et al., 1957]. Подготовку образцов для определения аминокислотного состава проводили по методу Мура и Штейна [Moor, Stein, 1954]. Для определения аминокислотного состава обезвоженный ацетоном и обезжиренный серным эфиром материал гидролизовали 6Н раствором соляной кислоты в течение 24 ч при температуре 105 °С. Гидролизат упаривали на водяной бане досуха, сухой остаток растворяли в 0,02Н HCl. Аминокислотный состав определяли на автоматическом аминокислотном анализаторе фирмы «Hitachi» с последующей компьютерной обработкой данных по программе «Мультихром» для Windows. Органолептическую оценку качества готовой продукции проводили по профильному методу [Сафронова, 1998], используя балльные шкалы для оценки интенсивности отдельных признаков проявления ощущений: внешний вид, цвет, запах, вкус, консистенция.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Перспективность использования минтая для производства продуктов детского питания следует рассматривать с точки зрения поступления в организм не только достаточного количества нутриентов, также следует учитывать их сбалансированность и определённый состав. Поэтому создание формованных рыбных полуфабрикатов с учётом подбора массовых компонентов рецептуры для питания детей актуально для поддержания оптимального материального и энергетического баланса организма ребёнка [Коноваленко, Абрамова, 2004].

При разработке нового ассортимента формованной рыбной продукции из минтая с растительными компонентами (овощами и крупами) композиционный состав рецептур проектировали с использованием методов компьютерного моделирования на основе принципа сбалансированности и комбинирования ингредиентов по методу профессора Н.Н. Липатова [Липатов и др., 2001]. Результаты анализов аминокислотного состава компонентов использовали при проектировании рецептур полуфабрикатов (табл. 2) для расчёта аминокислотной сбалансированности создаваемых комбинированных продуктов высокой биологической ценности. Согласно полученным данным использование фарша минтая в рецептурах обуславливает высокую биологическую ценность продукта за счёт содержания полноценных белков с полным набором незаменимых аминокислот, на долю которых приходится свыше 40%.

Использование в рецептурах полуфабрикатов различных растительных компонентов позволяет получить продукты, соответствующие физиологическим нормам питания [Нормы физиологических ..., 2021]⁶, поскольку овощи и крупы служат источником углеводов, клетчатки, пищевых волокон, минеральных веществ и витаминов. Кроме того, они оказывают влияние на органолептические и реологические показатели фаршевой смеси и являются эффективными функциональными ингредиентами с точки зрения технологической направленности.

В результате проведённых исследований были смоделированы рецептуры полуфабрикатов из фарша минтая с использованием кукурузной, рисовой и манной круп, а также моркови, капусты и картофеля, имеющие наиболее оптимальные соотношения ингредиентов для каждой рецептурной композиции, которые приведены в табл. 3.

Технологическая схема по изготовлению формованных полуфабрикатов (рис. 1) включала в себя следующие основные стадии: подготовка рыбного сырья и пищевых компонентов, составление многокомпонентной фаршевой массы, придание продукту задаваемой формы (формование), замораживание, упаковывание, маркирование.

Основным требованием при изготовлении полуфабрикатов является отсутствие костей для избежания травмирования пищевода детей при употреблении продукции из фарша рыб. Поэтому фарш минтая после размораживания направляли на дополнительное измельчение во избежание наличия мелких костей.

Морковь столовую отсортировывали, очищали, промывали; капусту белокочанную свежую очищали,

⁷ ГОСТ Р 55505. 2013 Фарш рыбный пищевой мороженный. Технические условия. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200104287>.

Таблица 2. Характеристики аминокислотного состава белоксодержащих ингредиентов, используемых при проектировании рецептур полуфабрикатов

Table 2. Characteristics of the amino acid composition of protein-containing ingredients used in the design of semi-finished product formulations

Наименование показателей	Содержание незаменимой аминокислоты, г/100 г белка								
	Минтай	Яичный порошок	Молоко сухое	Морковь	Капуста	Картофель	Крупа кукурузная	Крупа рисовая	Крупа манная
Массовая доля белка, %	16,4	46,0	37,9	1,3	1,8	2,0	8,3	7,0	10,3
Изолейцин	3,68	3,85	5,10	2,69	2,77	4,30	4,10	4,71	4,36
Лейцин	7,78	8,19	9,40	3,38	3,55	6,40	12,50	8,86	7,86
Лизин	8,21	5,17	5,96	2,92	3,38	6,65	1,30	3,71	2,48
Метионин + цистин	4,48	4,78	2,96	1,61	2,33	2,45	3,71	4,24	3,64
Фенилаланин + тирозин	7,32	9,67	10,20	3,76	5,88	9,40	7,50	9,43	7,86
Треонин	3,84	5,74	4,46	2,46	2,50	4,85	3,20	3,43	3,05
Триптофан	1,31	1,56	1,35	0,62	0,55	1,40	0,80	1,43	1,06
Валин	4,65	5,54	5,64	3,31	3,22	6,10	4,80	6,00	4,76

промывали, разрезали на части, удаляя кочерыжку, затем направляли на бланширование в кипящей воде в течение 10–15 мин. с последующим стеканием и охлаждением. Картофель свежий сортировали, промывали, очищали от кожуры, варили до готовности и охлаждали. Крупы (рисовую, кукурузную) просеивали через сита с магнитоуловителями, удаляя посторонние примеси. Многократно промывали холодной водой и варили при соотношении крупа: вода 1:2,8 до полуго-

товности, затем промывали горячей водой, охлаждали и направляли на стекание. Крупу манную использовали без гидратации. Подготовленные овощи и крупы измельчали на волчке с диаметром отверстий 2–3 мм.

В измельчённый рыбный фарш добавляли подготовленные компоненты согласно разработанным рецептурам и тщательно перемешивали в куттере до однородной массы. Сначала в чашу куттера помещали фарш минтая, перемешивали, затем последовательно при постоянном перемешивании добавляли сухие компоненты, а в конце – жидкие, согласно разработанным рецептурам для создания правильной консистенции формованных полуфабрикатов. Использование широко распространённых овощных компонентов (морковь, картофель, капуста) в сочетании с крупами при производстве формованной продукции на основе фарша минтая оказывает положительное влияние на органолептические показатели, консистенцию и пищевую ценность готового продукта за счёт содержания пищевых волокон, витаминов, макро- и микроэлементов. Установлено, что продолжительность куттерования фаршевой рыбной массы и растительных компонентов составляет 5 мин. при скорости вращения 1400 об./мин., температура при перемешивании компонентов не должна превышать 10 °С. После этого продукцию направляли на формование, замораживание и упаковывание.

Проанализирован химический состав и энергетическая ценность разработанных полуфабрикатов, данные представлены в табл. 4.

Таблица 3. Ингредиентный состав рецептурных композиций формованных полуфабрикатов из минтая

Table 3. Ingredient composition of recipe compositions of molded semi-finished products from pollock

№ рецептуры	Ингредиентный состав рецептурных композиций формованных полуфабрикатов из минтая
1	Фарш минтая, яичный порошок, молоко сухое, масло растительное, крупа манная (3%), морковь (6%), капуста (9%), соль, сахар, вода
2	Фарш минтая, яичный порошок, молоко сухое, масло растительное, картофель (10%), соль, сахар, вода
3	Фарш минтая, яичный порошок, молоко сухое, масло растительное, крупа кукурузная (10%), морковь (3%), соль, сахар, вода
4	Фарш минтая, яичный порошок, молоко сухое, масло растительное, крупа рисовая (7%), морковь (10%), соль, сахар, вода

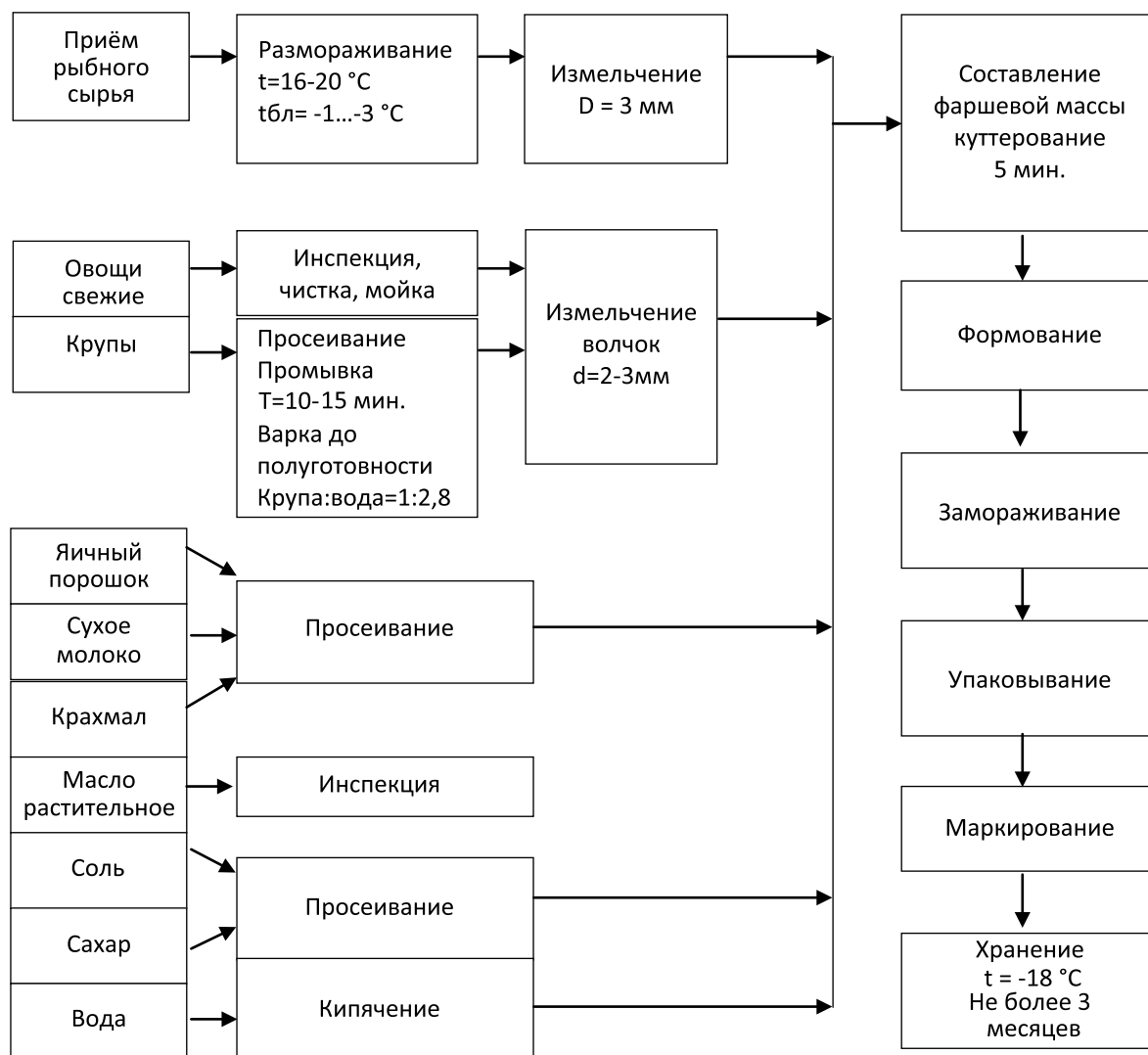


Рис. 1. Технологическая схема изготовления формованных полуфабрикатов

Fig. 1. Technological scheme of production of molded semi-finished products

Таблица 4. Химический состав и энергетическая ценность формованных полуфабрикатов

Table 4. Chemical composition and energy value of molded semi-finished products

№ рецептуры	Содержание в продукте, %				Калорийность, ккал
	влаги	белка	жира	углеводов	
1	69,35±0,20	16,33±0,17	3,61±0,08	9,55±0,08	140
2	68,59±0,19	18,22±0,16	3,56±0,08	7,08±0,07	138
3	70,38±0,18	16,78±0,12	3,83±0,08	8,73±0,10	140
4	68,31±0,19	16,59±0,14	3,42±0,07	10,68±0,05	142

Результаты исследований химического состава полуфабрикатов рыбных (табл. 4) показали, что все разработанные рецептуры, содержащие в своём составе фарш минтая, овощи и крупы, соответствовали

требованиям технического регламента Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016) по пищевой ценности полуфабрикатов из пищевой рыбной продукции

для питания детей школьного возраста [Технический регламент..., 2016]⁸: содержание белка во всех образцах превышало 16 г/100 г, содержание жира находилось в пределах от 3,42 до 3,83 г/100 г, калорийность была не выше 142 ккал. Отмечено, что исследуемые образцы содержали полный набор незаменимых аминокислот, необходимых для растущего организма, и характеризовались достаточно высокими значениями коэффициента рациональности аминокислотного состава белков – от 0,81 до 0,88 дол. ед. Значения показателя «сопоставимой избыточности» находились в пределах от 5,9 до 6,83 г/100 г белка эталона, что говорит о высокой биологической ценности разработанных полуфабрикатов.

На рис. 2 представлены профилограммы органолептической оценки разработанных образцов полуфабрикатов, формованных на основе фарша минтая с растительными добавками, предназначенных для питания детей. Внесение овощей и круп в количестве 10–17% оказывало положительное влияние на органолептические показатели и консистенцию готовой продукции.

В результате проведённой дегустации отмечено, что после термообработки исследуемые образцы отличались хорошими вкусовыми свойствами, имели сочную, не крошащуюся консистенцию с вкраплениями вносимых овощей и круп. Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что полуфабрикаты, формованные на основе фарша минтая с растительными компонентами, могут быть использованы в питании детей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обоснован компонентный состав ингредиентов, входящих в рецептуры формованных полуфабрикатов, и разработаны рецептуры на основе фарша минтая.

Данные по пищевой ценности разработанной продукции свидетельствуют о том, что они содержат 27,2–30,3% от суточной нормы белка, а за счёт низкого содержания жиров калорийность полуфабрикатов составляет в среднем 140 ккал/100 г. Использование в готовых изделиях растительных компонентов (капусты, моркови, картофеля, кукурузной, рисовой круп) позволило улучшить органолептические показатели, консистенцию и обогатить их углеводами, пищевыми волокнами, минеральными веществами и витаминами.

Разработанные полуфабрикаты, являясь легкоусвояемыми и низкокалорийными, будут способствовать обеспечению детей качественной и сбалансированной по нутриентному составу продукцией.

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».

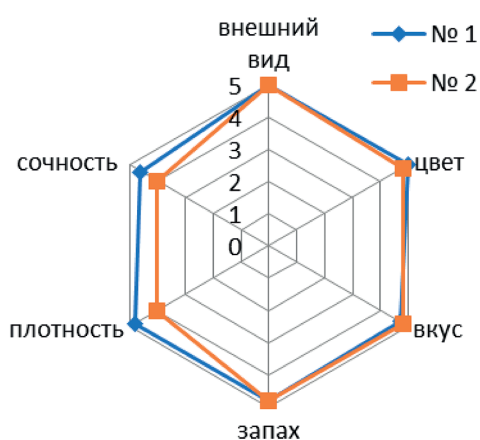


Рис. 2. Профилограммы органолептической оценки образцов полуфабрикатов, формованных из минтая

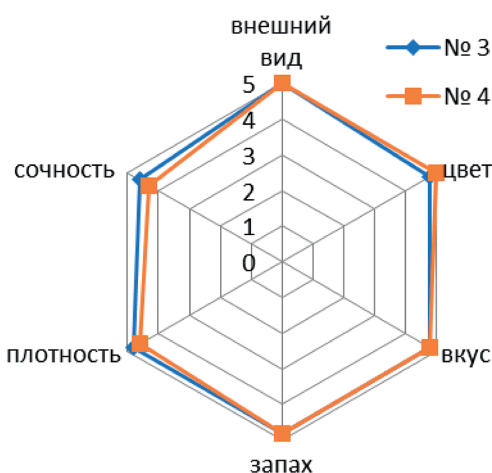


Fig. 1. Profilograms of organoleptic evaluation of samples of semi-finished products

⁸ ТР ЕАЭС 40/2016 Технический регламент Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбных продуктов», утв. Решением Евразийской экономической комиссии от 18.10.2016 № 162.

ЛИТЕРАТУРА

- Абрамова Л.С., Гершунская В.В. 2014. Минтай (*Theragra chalcogramma*) — перспективное сырьё для организации рационов питания в образовательных учреждениях // Рыбное хозяйство. № 1. С. 90–94.
- Бредихина О.В., Зарубин Н.Ю., Лаврухина Е.В. 2021. Разработка продукции с иммуномодулирующими свойствами на основе рыбного сырья // Тез. докл. II Межд. науч.-практ. конф. «Инновационные направления интеграции науки, образования и производства». Изд-во: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет». Керчь. С. 231–235.
- Зарубин Н.Ю., Строкова Н.Г., Харенко Е.Н. 2020. Разработка рецептурных композиций фаршевых рыбопродуктивных систем для здорового питания // Мат. VII Межд. науч.-практ. конф. «Инновационные технологии в пищевой промышленности и общественном питании». Изд-во: Уральский государственный экономический университет. Екатеринбург. С. 30–36.
- Коноваленко Е.С., Абрамова Л.С. 2004. Функциональные продукты питания на основе рыбного сырья для детей дошкольного и школьного возраста // Мат. Межд. науч. конф. «Инновации в науке и образовании». Изд-во: Калининградский государственный технический университет. Калининград. С. 99–102.
- Липатов Н.Н., Сажин Г.Ю., Башкиров О.И. 2001. Формализованный анализ amino- и жирнокислотной сбалансированности сырья, перспективного для проектирования продуктов детского питания с задаваемой пищевой адекватностью // Хранение и переработка сельхозсырья. № 8. С. 11–14.
- Панкина И.А., Елисеева С.А., Иринина О.И. 2018. Перспективы создания комбинированных формованных рыбных продуктов для диетического питания // Мат. Всеросс. науч.-практ. конф. «Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции». С. 338–341.
- Петрова Л.Д., Богданов В.Д. 2019. Рыбный фарш с белоксодержащими растительными добавками // Современная наука и инновации. № 1 (25). С. 130–135.
- Покровский Б.И., Бек-Булат Г.З., Кайзер К.А. 2017. Современное состояние и перспективы развития рынков сбыта продукции из минтая // Вопросы рыболовства. Т. 18. № 3. С. 358–367.
- Сафронова Т.М. 1998. Справочник дегустатора рыбы и рыбной продукции. М.: Изд-во ВНИРО. 244 с.
- Сборец М.К., Антипова Л.В., Глотова И.А. 2010. Совершенствование рецептур рыбных рубленых полуфабрикатов для питания школьников // Мат. Конф. «Современные наукоемкие технологии». Изд-во: Москва. № 3. С. 68–69.
- Тутельян В.А. 2021. Здоровое питание для общественного здоровья // Общественное здоровье. № 1 (1). С. 56–64.
- Цибизова М.Е. 2017. Оптимизация микроэлементного состава поликомпонентных рыбопродуктивных продуктов питания // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. № 4. С. 183–189.
- Moor S., Stein W. 1954. A modified ninhydrin reagent for the photometric determination of amino acids and related compounds // J. Biol. Chem. Vol. 211. P. 907–913.
- Folch I., Lees M., Sloane-Stanley G.H. 1957. A Simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues // J. Biol. Chem. V. 226. P. 497–507.

REFERENCES

- Abramova L.S., Gershunskaya V.V. 2014. Alaska Pollack (*Theragra chalcogramma*) as a perspective raw material for food rations in educational institutions // Fisheries. № 1. P. 90–94. (In Russ.).
- Bredikhina O.V., Zarubin N. Yu., Lavrukina E.V. 2021. Production of products with immunomodulatory properties based on fish // Materials of the II Intern. Scien.-Pract. conf. «Innovative directions of integration of science, education and production». Kerch State Marine Technological University. Kerch. P. 231–235. (In Russ.).
- Zarubin N. Yu., Strokovaya N.G., Kharenko E.N. 2020. Development of recipe compositions of fish-plant systems for healthy nutrition // Materials of the VII Intern. Scien.-Pract. conf. «Innovative technologies in the food industry and food service». Ural State University of Economics. Ekaterinburg. P. 30–36. (In Russ.).
- Konovalevko E.S., Abramova L.S. 2004. Functional food products based on fish for children of preschool and school age // Materials of the Intern. Scien.-Pract. conf. «Innovations in science and education». Kaliningrad State Technical University. Kaliningrad. P. 99–102. (In Russ.).
- Lipatov N.N., Sazhinov G. Yu., Bashkirov O.I. 2001. Formalized analysis of amino and fatty acid balance of raw materials promising for the design of baby food products with specified nutritional adequacy // Storage and processing of farm products. № 8. P. 11–14. (In Russ.).
- Pankina I.A., Eliseeva S.A., Irinina O.I. 2019. The perspectives of creation of combined formed fish products for dietary nutrition // Materials of the Intern. Scien.-Pract. conf. «Resource-saving environmentally safe technologies for storage and processing of agricultural products». P. 338–341. (In Russ.).
- Petrova L.D., Bogdanov V.D. 2019. The fish-farce with protein-containing plant-based additives // Modern science and innovation. № 1 (25). P. 130–135. (In Russ.).
- Pokrovsky B.I., Bek-Bulat G.Z., Kaiser K.A. 2017. The current state and prospects for the development of markets for pollock products // Fishing issues. V. 18. P. 358–367. (In Russ.).
- Safronova T.M. 1998. Handbook of the taster of fish and fish products. M.: VNIRO Publish. 244 p. (In Russ.).
- Sborets M.K., Antipova L.V., Glotova I.A. 2010. Improving the recipes of chopped fish semi-finished products for nutrition of schoolchildren // Materials of the conf. «Modern science-intensive technologies». Moscow. № 3. P. 68–69. (In Russ.).
- Tutelyan V.A. 2021. Healthy food for public health // Public health. № 1 (1). P. 56–64. (In Russ.).
- Tsibizova M.E. 2017. Optimization of the microelement composition of multicomponent fish-growing foods // Vestnik of the AGTU, Series: Fisheries. № 4. P. 183–189. (In Russ.).
- Moor S., Stein W. 1954. A modified ninhydrin reagent for the photometric determination of amino acids and related compounds // J. Biol. Chem. Vol. 211. P. 907–913.
- Folch I., Lees M., Sloane-Stanley G.H. 1957. A Simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues // J. Biol. Chem. V. 226. P. 497–507.

Поступила в редакцию 08.06.2022 г.
Принята после рецензии 15.08. 2022 г.



Технология переработки водных биоресурсов

Сравнительный анализ выхода продукции из минтая и основных промысловых тресковых рыб

Е.Н. Харенко, А.В. Сопина, Н.Н. Яричевская, А.В. Гриценко

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

Целью данного исследования является выявление общих тенденций, влияющих на изменения значений выхода продукции из промысловых видов тресковых рыб, а также проведение сравнительного анализа пищевой ценности продукции из минтая и трески для представления объективных рекомендаций потребителям рыбной продукции.

Используемые методы: для проведения сравнительного анализа использовались данные о выходе мороженой продукции, справочные материалы и публикации по особенностям роста, полового созревания, сезонных изменений биологических показателей, пищевой ценности минтая, северо-восточной арктической, балтийской и тихоокеанской трески. В соответствии с Методиками определения норм расхода сырья при производстве продукции из гидробионтов для сравнения данных проводился перерасчёт коэффициентов расхода сырья на выход продукции.

Новизна: проведён сравнительный анализ изменений значений выхода продукции из основных промысловых тресковых рыб по различным видам разделки в сопряжении с годовой динамикой биологических показателей.

Результат: определены общие тенденции изменений выхода продукции из минтая, северо-восточной арктической, балтийской и тихоокеанской трески. По результатам сравнительного анализа пищевой ценности продукции из минтая и трески представлены рекомендации потребителям рыбной продукции.

Практическая значимость: установлено, что межсезонные изменения выхода продукции из минтая в среднем составляют 0,5%, а выход продукции из тихоокеанской трески изменяется на 5,4–5,5%, у северо-восточной арктической трески разница в выходе продукции по сезонам может достигать до 5,7%, у балтийской трески – до 4,5%. Треска больше истощается в преднерестовый период в отличие от минтая, поэтому переработка минтая более рациональна.

Ключевые слова: минтай *Gadus chalcogrammus*, треска северо-восточная арктическая *Gadus morhua morhua*, треска балтийская *Gadus morhua callarias*, треска тихоокеанская *Gadus macrocephalus*, выход продукции, биологические и техникохимические показатели.

Comparative analysis of the output products of pollock and the main commercial cod fish species

Elena N. Kharenko, Anna V. Sopina, Natalya N. Yarichevskaya, Aleksandr V. Griitsenko

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

The purpose of this study is to identify general trends affecting changes in the values of the output of products from pollock and other commercial species of cod fish, and also includes a comparative analysis of the nutritional value of products from pollock and cod to provide objective recommendations to consumers of fish products.

Methods used: To conduct a comparative analysis, data on the output of frozen products, reference materials and publications on the characteristics of growth, puberty, seasonal changes in biological parameters, fatness coefficient for walleye pollock, northeastern arctic and Baltic cod, Pacific cod were used. In accordance with the "Methodology for determining the consumption rates of raw materials in the production of products from aquatic organisms", in order to compare the data, the coefficients of consumption of raw materials for the production of products were recalculated.

Novelty: a comparative analysis of the change in the values of the output of products from pollock and the main commercial species of cod fish was carried out for various types of cutting in conjunction with the annual dynamics of biological parameters.

Result: the general trends of changes in the output of pollock, northeastern arctic, Baltic and Pacific cod were determined. Based on the results of a comparative analysis of the nutritional value of products from pollock and cod, recommendations are presented to consumers of fish products.

Practical significance: it has been established that inter-seasonal changes in the output of walleye pollock products average 0,5%, and the output of Pacific cod changes by 5,4–5,5%, in northeastern arctic cod the difference in output by season can reach up to 5,7%, in Baltic cod up to 4,5%. Cod is more depleted in the pre-spawning period, unlike pollock, so pollock processing is more rational.

Keywords: walleye pollock *Gadus chalcogrammus*, northeastern arctic cod *Gadus morhua morhua*, Baltic cod *Gadus morhua callarias*, Pacific cod *Gadus macrocephalus*, production output, biological and technochemical parameters.

Сопина Анна Викторовна (04.01.1967–13.11.2022) окончила Московский областной педагогический институт (МОПИ) имени Н.К. Крупской. Во ВНИРО работала с 1995 г., стояла у истоков разработки программного обеспечения технологического нормирования в рыбной отрасли. В 2014 г. защитила кандидатскую диссертацию на тему «Обоснование мер регулирования промысла минтая (*Theragra chalcogramma*) Охотского моря на основе нормобразующих критериев». С ее участием разработаны ряд нормативных и методических документов и руководств по нормированию выхода продуктов. Результаты исследований опубликованы в 30 научных трудах и методических пособиях, а также 18 свидетельствах о государственной регистрации программы для ЭВМ.

ВВЕДЕНИЕ

Представители рода *Gadus* семейства тресковых (Gadidae) обитают в умеренных и субтропических водах Тихого и Атлантического океанов, а также в Северном-Ледовитом океане. К рассматриваемым тресковым видам рыб относится минтай (*Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814), тихоокеанская треска (*Gadus macrocephalus* Tilesius, 1810), а также два подвида атлантической трески (*Gadus morhua* L., 1758) (треска северо-восточная арктическая (*Gadus morhua morhua* L., 1758), треска балтийская (*Gadus morhua callarias* L. 1758)). Тресковые виды рыб занимают лидирующие позиции по добыче (вылову) среди объектов российского рыболовства ежегодно обеспечивая до 2,1–2,3 млн т, или 42,0–46,5% от общего вылова водных биоресурсов российскими пользователями.

Широкое распространение, высокая плотность и численность промысловых скоплений позволяют успешно облавливать их запасы в различные сроки в разных районах практически круглогодично. За последние пять лет (2017–2021 гг.) их среднегодовой вылов составил 2,227 млн т, таким образом, общий вылов за этот период превысил 11,1 млн т (табл. 1).

Минтай является объектом номер один для российского рыболовства, за последние пять лет в 2020 году установлен максимальный вылов 1,8 млн т. Вылов тихоокеанской трески увеличивался с 101,5 тыс. т в 2017 году до 170,7 тыс. т в 2020 году, а в 2021 году снизился до 167,2 тыс. т. Максимальный вылов северо-восточной арктической трески отмечен в 2017 г. и составил 400,3 тыс. т. Затем, вплоть до 2020 года, наблюдалось его снижение — до 314,4 тыс. т, и в 2021 году увеличение до 353,1 тыс. т. Вылов балтийской трески за последние пять лет сократился в четыре раза до 1,1 тыс. т. Совокупный вылов трески атлантической и тихоокеанской составляет менее одной трети от вылова минтая.

Состояние промысловых запасов минтая позволяет выпускать продукцию, соответствующую мировым

стандартам в достаточных объемах. Добыча (вылов) минтая и производство мороженой продукции из него осуществляются большую часть года, за исключением тех периодов, когда промысел закрыт по причине нереста, сроки которого различаются по районам [Сопина, Харенко, 2022].

Максимальный рост минтая происходит в первые два года жизни, затем замедляется, и только после достижения 7–8-летнего возраста различие между темпами линейного роста самцов и самок является достоверным, хотя общий темп роста снижается до 1 см в год [Буслов, 2003]. Сезонная динамика показателей упитанности минтая тесно связана с процессом созревания половых продуктов. Своих минимальных значений коэффициент упитанности минтая достигает в апреле-мае и составляет 0,66 у самцов и 0,61 у самок. После завершения размножения производители начинают активно питаться, поэтому упитанность рыб быстро возрастает. К июлю данный показатель возрастает до 0,70 у самцов и 0,69 у самок, после чего практически не меняется до конца года. В различных возрастных группах коэффициент упитанности отличается незначительно. Для минтая возрастом 5+ значение данного показателя составляет 0,688–0,706, а возрастом 7+ — 0,682–0,688 [Варкентин, 2015; Сергеева, 2020]. Минимальные значения данного показателя для половозрелого западно-беринговоморского минтая отмечаются в конце зимовки перед нерестом (0,56%), а максимальные значения достигаются в конце нагульного периода (0,65%) [Глубоков, 2005]. Минтай по характеру жирового обмена близок к треске и может накапливать до 75,0% жира в печени [Кривобок, Тарковская, 1964]. Значения относительной жирности печени и гепатосоматический индекс минтая постепенно уменьшаются от ноября к марту-апрелю, что связано с процессами созревания половых желёз, сопровождающимися расходом накопленных в печени жировых запасов [Варкентин, 2015].

Таблица 1. Российский вылов видов рода *Gadus* в 2017–2021 гг. (тыс. т)
Table 1. Russian catch of species of the genus *Gadus* in 2017–2021 (thousand tons)

Вид \ Год	2017	2018	2019	2020	2021
Минтай	1735,5	1680,2	1731,8	1830,6	1712,7
Треска тихоокеанская					
Треска северо-восточная арктическая	400,3	343,6	319,5	314,4	353,1
Треска балтийская	4,1	3,2	2,7	1,7	1,1

Основными видами продукции из минтая является минтай мороженный обезглавленный и филе. Практически всё производство мороженой икры минтая осуществляется в зоне Охотское море, на долю Западно-Беринговоморской и Восточно-Камчатской зон приходится около 1,0% [Чупикова и др., 2020].

Промысел тихоокеанской трески осуществляют преимущественно донными орудиями лова. С учётом конструктивных особенностей орудий лова и используемых типов судов снюрреводный лов трески осуществляется в летне-осенний период, а ярусный — преимущественно в весенне-летне-осенние месяцы. Нерестилища тихоокеанской трески в северных частях ареала находятся на внешнем крае шельфа и верхней части склона в открытых водах или на мелководье в прибрежной зоне. Нерестилища трески в южно-бореальных и субтропических районах находятся в прибрежных водах Южной Кореи и Японии [Датский, 2019а; Савин, 2016].

Для большинства популяций трески, обитающих в северо-западной части Тихого океана характерны максимально высокие темпы линейного прироста (по 15–20 см в год) до возраста полового созревания. После достижения 3–4-летнего возраста отмечается последующий интенсивный весовой рост до максимальных величин к концу жизни свыше 20 кг [Ким, 2016]. Коэффициент упитанности половозрелой тихоокеанской трески имеет максимальные значения у особей с III стадией зрелости гонад в конце нагульного периода (1, 2), а затем снижается до минимальных значений после нереста (0,8) [Сергеева, 2020]. Основным видом выпускаемой продукции является треска потрошёная обезглавленная мороженная.

В соответствии с классификацией Международного союза сохранения природы атлантическая треска относится к уязвимым видам, которые могут переходить в разряд вымирающих¹. Ареал обитания северо-восточной арктической трески включает Баренцево и Норвежское моря, куда входят исключительные экономические зоны (ИЭЗ) России и Норвегии, поэтому промысел данного вида регулируется обеими странами в рамках Смешанной Российско-Норвежской комиссии по рыболовству (СРНК) [Пенкин и др., 2010].

Для трески Баренцева моря характерны максимальные темпы прироста до 3-х лет. В период с 3 до 7 лет отмечается стабилизация относительного прироста и удельной скорости роста, а с 7–8 лет идёт постепенное их замедление. Так же для старшевозрастных особей северо-восточной арктической трески

отмечена тенденция сокращения числа крупных половозрелых рыб и ускорение темпов роста и созревания [Ярагина, 1989, 2005]. После нереста для северного подвида атлантической трески характерно сильное посленерестовое истощение. Относительное содержание жира в печени снижается до 2,6–4,0%. В нагульный период данный показатель может доходить до 60,0% [Богоявленская, 1977]. В условиях промысла вырабатывается треска потрошёная обезглавленная (до 86% от массы всего улова) и порядка 12,0% приходится на различные виды филе. Так же отмечено, что при разделке более мелкой рыбы выход трески потрошёной обезглавленной увеличивался, поскольку у крупной трески длиной более 80,0 см голова и внутренности составляли от 22,3 до 15,0%, а у трески длиной 51–60 см от 19,9 до 13,4% [Пенкин, Яричевская, 2016].

Для популяции балтийской трески ранее отмечалась тенденция сокращения числа крупных половозрелых особей [Липская и др., 1972; Халдинова, 1960]. Рост балтийской трески снижается после 2-х лет, когда рыба достигает длины 20,0–25,5 см и приблизительно 11,0% от всех особей достигают половой зрелости. Уже к 3–4 годам 84,0–86,0% особей достигают половой зрелости. После этого рост трески замедляется, а после 6 лет не превышает 2,0% в год. Общий запас балтийской трески в настоящее время находится в депрессивном состоянии, отмечается лишь увеличение численности размерных групп 30–34 и 35–37 см. В период с 2003 по 2016 гг. средняя длина зрелых самок снизилась с 53,7 до 36,6 см [Амосова и др., 2019].

Максимальные значения коэффициента упитанности отмечаются у особей с гонадами на III–IV стадии зрелости. У трески возрастной группы 4+ и гонадами на III стадии зрелости коэффициент упитанности — 0,895, а при V стадии зрелости гонад — 0,777. У трески возрастом 7+ с гонадами на III стадии зрелости коэффициент упитанности — 0,725, а при V стадии зрелости — 0,650. Необходимо отметить, что у старшевозрастных рыб значения этого показателя ниже, и они дольше восстанавливаются после нереста [Кривобок, Токарева, 1972]. По мере созревания балтийской трески соотношение массы гонад к массе неразделанной рыбы изменяется от 0,9 до 22,0%, а соотношение массы печени к массе неразделанной рыбы от 3,0 до 8,3%, соответственно [Рамбеа и др., 2007]. Учитывая небольшие объёмы вылова, балтийская треска разделяется вручную на потрошёную обезглавленную и различные виды филе.

Таким образом, наибольший по продолжительности период интенсивного роста отмечается у тихооке-

¹ International Union for Conservation of Nature (IUCN) <https://www.iucnredlist.org/species/8784/12931575>.

анской трески. Для минтая, трески северо-восточной арктической и балтийской наиболее интенсивный рост происходит первые два года жизни. Общей тенденцией является постепенное расходование энергетических запасов в зимовальный период, а также выраженное снижение жирности печени в преднерестовый и нерестовый периоды, когда масса гонад увеличивается.

Исторически сложилось, что треска считается столовой рыбой, а минтай незаслуженно долго оставался рыбой «для кошки», хотя по своим потребительским качествам он несколько не уступает треске [Харенко, Сопина, 2020].

Настоящее исследование направлено на выявление общих тенденций изменений значений выхода продукции из основных промысловых тресковых рыб, а также включает проведение сравнительного анализа пищевой ценности минтая и трески для представления объективных рекомендаций потребителям рыбной продукции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения сравнительного анализа использовались данные о выходе мороженой продукции из сборника «Единые нормы...»², «Бассейновые нормы...»³. Справочные материалы и публикации по особенностям роста, полового созревания, сезонных изменений биологических показателей, пищевой ценности трески северо-восточной арктической и балтийской, тихоокеанской трески, минтая. В соответствии с Методиками определения норм расхода сырья при производстве продукции из гидробионтов, для сравнения данных проводился перерасчёт коэффициентов расхода сырья на выход продукции [Методики определения ..., 2002]. Для построения гистограмм использовали программу MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Промысел любого водного биологического ресурса носит сезонный характер по причине физиологических процессов, проходящих в годовом жизненном цикле и определяющих его функциональное состояние (нагульные, преднерестовые и т. д.) [Датский, 2019]. Учёт данного фактора крайне важен при организации рыболовства для каждого конкретного вида, а также при его переработке.

Учитывая объёмы вылова для разделки минтая используются различные модели оборудования – это разделочные машины BAADER, Филлестар, ИПФ, дисковая выборезка и т. д. Оборудование BAADER может оснащаться различными датчиками для наведения ножей и/или механическими фиксаторами рыбы при разделке. По сравнению с другим оборудованием дисковая выборезка считается наиболее простым способом разделки рыбы. На рис. 1 представлены данные по выходу мороженого обезглавленного минтая различных способов разделки.

Значения выхода продукции в Беринговом море из минтая больше, чем в Охотском море, что обусловлено различием размерных характеристик минтая в уловах. В Западно-Беринговоморской зоне длина минтая в уловах составляет 26,0–66,0 см, при среднем значении – 48,1 см. Прилов молоди незначителен и составляет 1,5%. В Карагинской подзоне длина минтая изменяется в пределах от 33,0 до 61,0 см, средняя длина 46,6 см. В уловах доминирует минтай длиной 44,0–50,0 см. Прилов молоди не превышает 2,7% от улова [Якимов, 2021]. Длина минтая Охотского моря в промысловых уловах изменяется от 13,0 до 83,0 см. Средняя длина составляет 49,6 см, прилов молоди минтая непромысловой длины – от 1,0 до 17,1% [Варкентин и др., 2021]. Минтай Охотского моря немного крупнее, а выход продукции из него немного ниже. Похожая тенденция была отмечена при сравнительном анализе выхода продукции из трески северо-восточной арктической [Пенкин, Яричевская, 2016].

Сезонные различия по выходу продукции при разделке с использованием дисковой выборезки как в Охотском, так и в Беринговом морях составляют 0,3%. Оборудование BAADER имеет более точные настройки и позволяет получать больший выход при разделке рыбы, максимально точно проводя рез и удалять голову рыбы с частью внутренностей, поэтому изменение биологических показателей будет в большей степени влиять на выход продукции.

Различие в выходе продукции по сезонам в Охотском море минимально, что связано со сроками промысла. В соответствии с Правилами рыболовства⁴ специализированный промысел минтая в Северо-Охотоморской подзоне в сезон «Б» начинается с 15 октября, а в Камчатско-Курильской и Западно-Камчатской подзонах с 1 ноября, что является по сути завершением нагульного периода у минтая и началом зимовального.

² Единые нормы выхода продуктов переработки водных биологических ресурсов. М.: Изд-во ВНИРО, 2017. 274 с.

³ Бассейновые нормы отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве мороженой и кормовой продукции из рыб Дальнего Востока. 2020. М.: ТИНРО. 113 с.

⁴ Приказ Минсельхоза России от 23.05.2019 № 267 «Об утверждении правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна». <https://minjust.consultant.ru> [процитировано 12 сентября 2021]. Доступно: <https://minjust.consultant.ru/documents/43026>

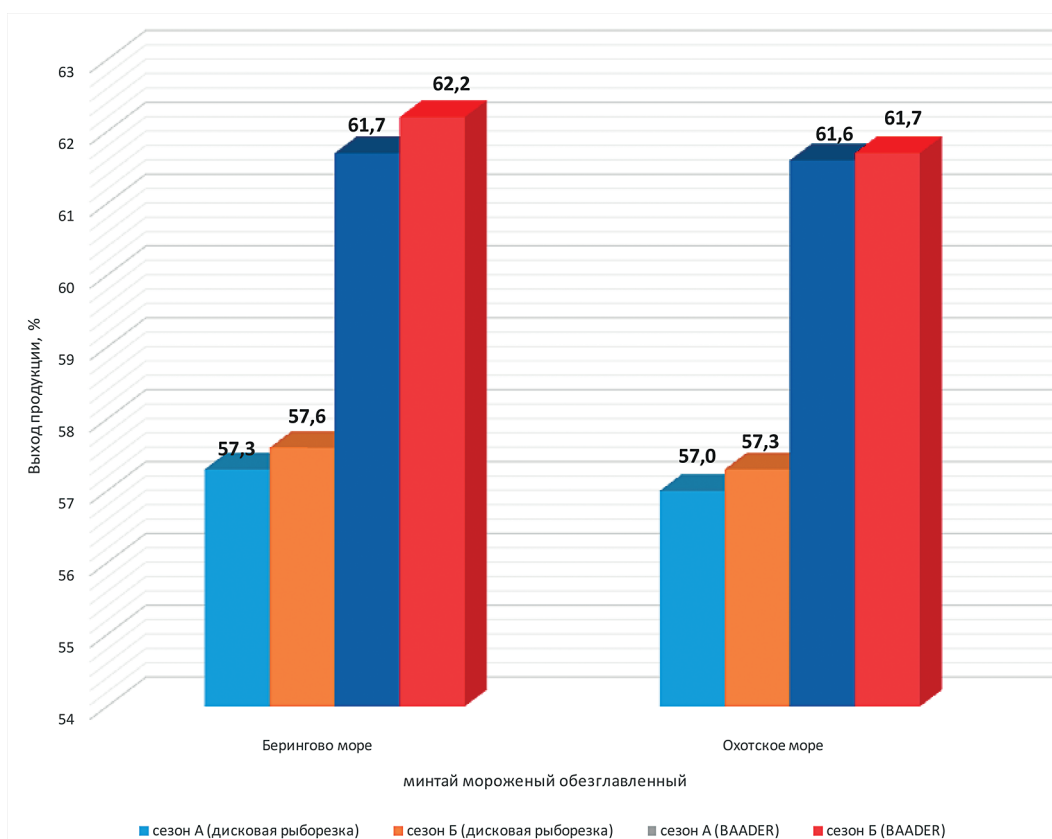


Рис. 1. Сравнительный анализ выхода мороженого обезглавленного минтая по сезонам промысла

Fig. 1. Comparative analysis of output of frozen of headless walleye pollock by fishing seasons

В соответствии с Правилами рыболовства в Западно-Беринговоморской зоне специализированный промысел минтая разрешён с 15 мая, в Восточно-Камчатской зоне в Петропавловско-Командорской подзоне — с 1 мая, в Карагинской подзоне — с 30 апреля. Следовательно, минтай облавливается в нагульный, зимовальный и преднерестовый периоды. Соответственно, различие по выходу продукции по сезонам будет больше (0,5%).

Подводя предварительные итоги можно отметить, что при производстве минтая мороженого обезглавленного различие в выходе продукции по сезонам, с учётом динамики биологических показателей, не превышает 0,5%.

Производство филе — процесс более сложный, он включает обезглавливание рыбы на первом этапе и последующую разделку на филе с удалением или оставлением кожи и/или кости. В сборник «Бассейновые нормы...» вошли данные по выходу филе минтая, разделанного с использованием оборудования BAADER. На рис. 2 представлены результаты сравнительного анализа.

Тенденции, выявленные при сравнительном анализе изменения значений выхода обезглавленного

минтая, проявляются также и при разделке на филе. Значения выхода филе минтая в Беринговом море немного выше. Например, выход в сезон «Б» филе без кожи с костью в Беринговом море на 0,6% выше чем в Охотском, выход филе без кожи без кости различается на 1,3%. Если сравнивать межсезонную разницу в выходе продукции, то выход филе без кожи с костью в Беринговом море различается на 0,6%, а выход филе без кожи без кости — на 0,4%. В Охотском море разница между сезонами в выходе продукции остаётся минимальной. Так по выходу филе без кожи с костью разница составляет 0,1%, а по выходу филе без кожи без кости 0,2%.

Различия по выходу филе по сезонам промысла для минтая в Беринговом море больше (0,4–0,6%), а в Охотском море они минимальны. В среднем межсезонные изменения выхода продукции не превышают 0,5%. Следовательно, в течение всего периода промысла из минтая возможно выпускать продукцию, соответствующую мировым стандартам качества.

Тихоокеанская треска также, как и минтай является важным промысловым объектом Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна. В условиях промысла треску разделяют на потрошённую обезглавленную

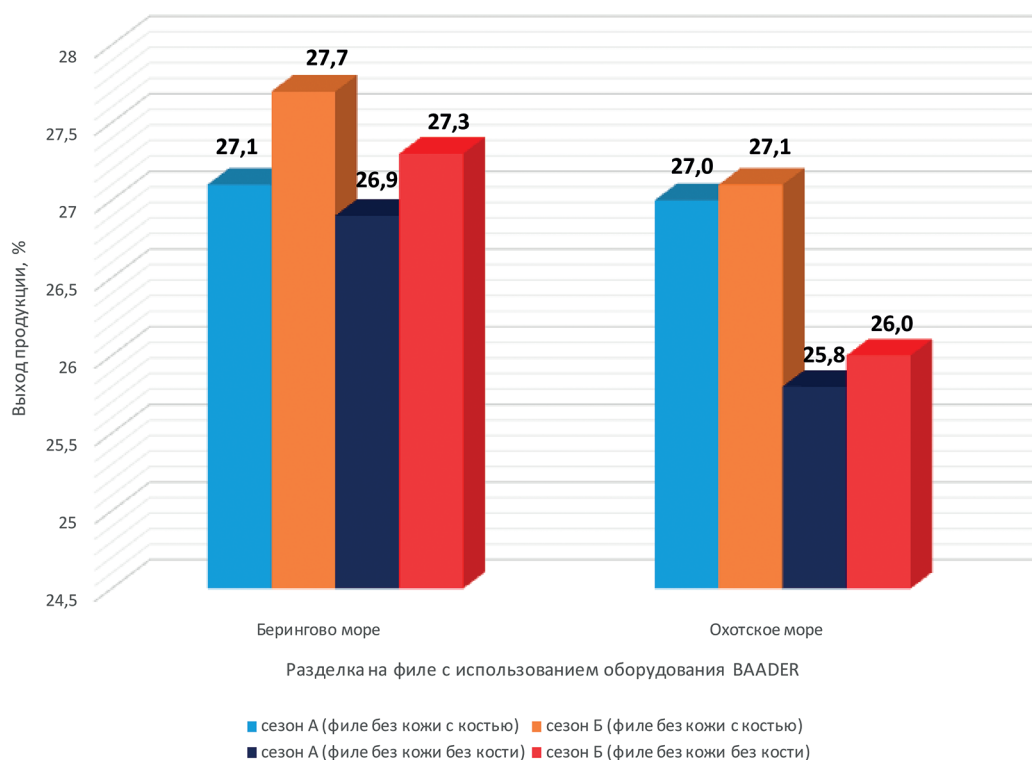


Рис. 2. Сравнительный анализ выхода (в %) филе минтая
Fig. 2. Comparative analysis of the output (in %) of walleye pollock fillets

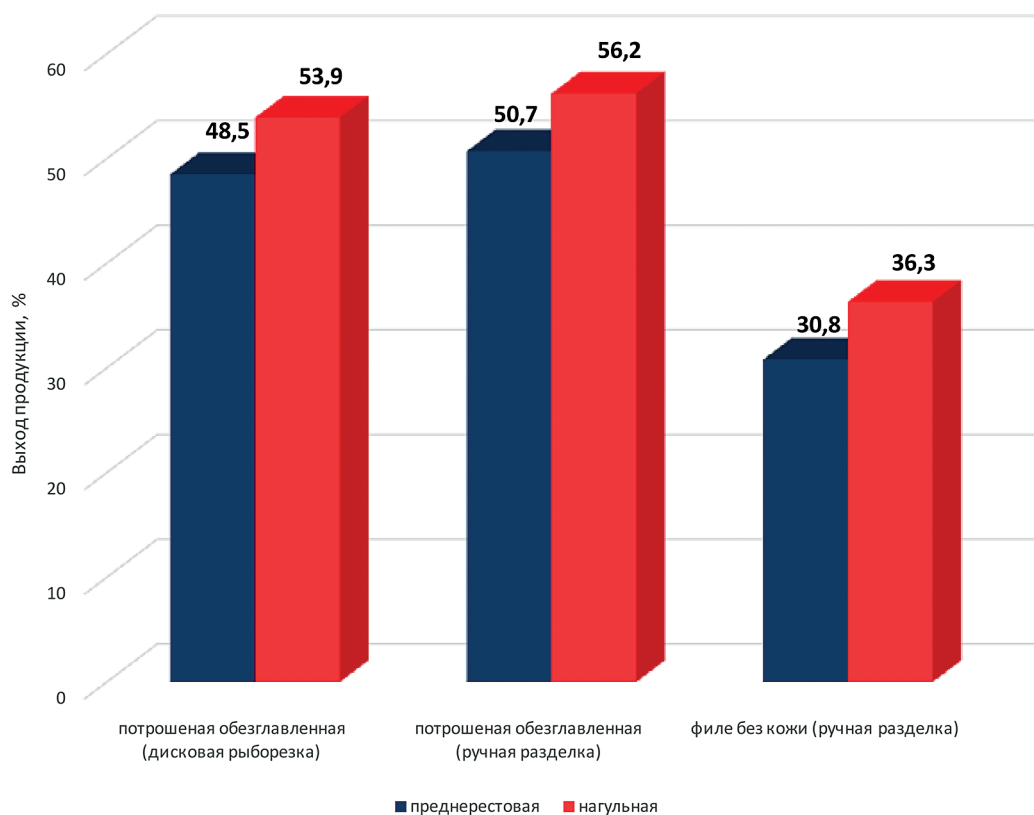


Рис. 3. Сравнительный анализ выхода продукции из тихоокеанской трески
Fig. 3. Comparative analysis of product output from Pacific cod

с использованием дисковой рыбобрезки, при береговой переработке производится ручная разделка трески. На рис. 3 представлены результаты сравнительного анализа выхода продукции по сезонам.

Для тресковых характерна большая степень энергетических затрат в преднерестовый период, а также большая по сравнению с минтаем степень истощения при созревании гонад. Изменение биологических показателей, отражается на межсезонной разнице выхода продукции. Для тихоокеанской трески при потрошении и обезглавливании на дисковой рыбобрезке она составит 5,4%, при ручной разделке 5,5%, при производстве филе ручной разделки 5,5%. Следовательно, сезонные изменения биологических показателей в большей степени отражаются на выходе мороженой продукции из трески по сравнению с минтаем.

В рамках работы Смешанной Российско-Норвежской комиссии (СРНК) регулярно проводились работы по актуализации переводных коэффициентов для учёта изъятия трески северо-восточной арктической. На рис. 4 представлены результаты сравнительного анализа изменений выхода продукции по сезонам.

Основным видом выпускаемой продукции была треска мороженая потрошённая обезглавленная (круглый рез). Данный вид продукции выпускался как в исключительной экономической зоне России, так и Норвегии. Различие в выходе данного вида продукции по сезонам составляет 2,7%. По сезонам выход филе различается на 5,7%, что вполне сопоставимо с данными по тихоокеанской треске. Также, как у тихоокеанской трески, у северо-восточной арктической трески отмечается существенное снижение выхода продукции в преднерестовый период, что связано с изменением биологических показателей и возрастающими энергетическими затратами, связанными с созреванием гонад.

В настоящее время большая часть запасов балтийской трески сосредоточена в 25-м и 26-м подрайонах ИКЕС Балтийского моря. Среди промысловых видов тресковых рыб балтийская треска оказалась наиболее уязвима, ареал обитания и площади нерестилищ сокращаются, уменьшается биомасса, а также изменяется размерно-возрастная структура и др. [Амосова и др., 2017]. Несмотря на сложившееся положение

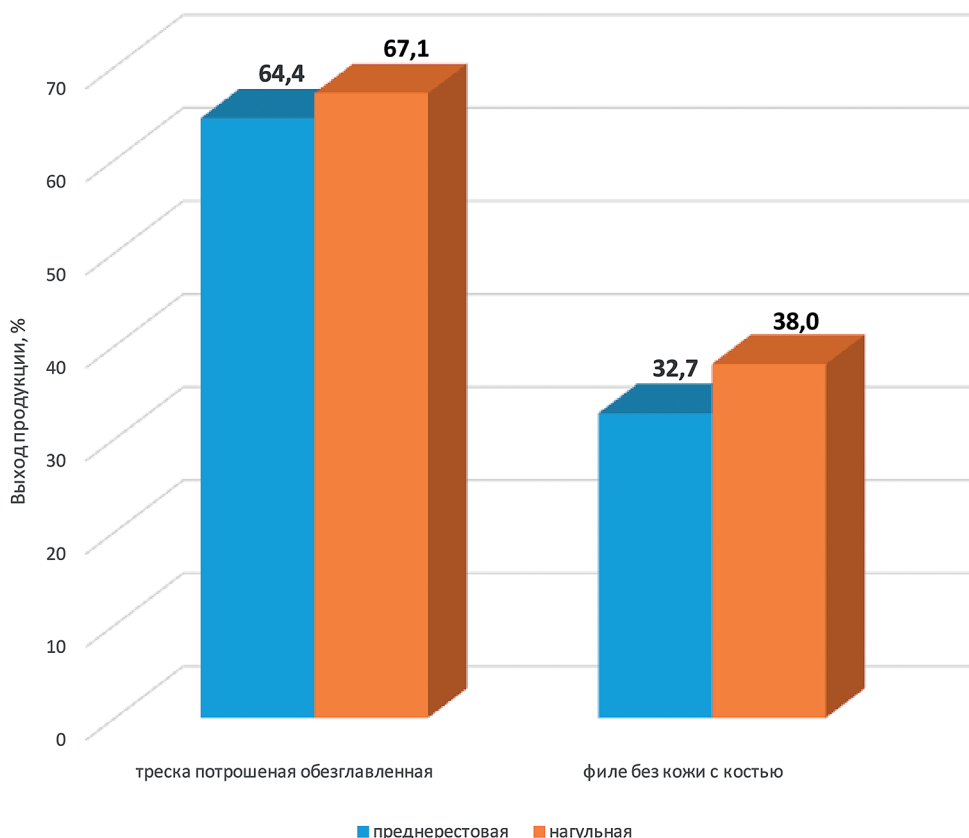


Рис. 4. Сравнительный анализ выхода продукции из трески северо-восточной арктической [по данным Пенкин и др., 2010; Пенкин, Яричевская, 2016]

Fig. 4. Comparative analysis of production output from northeastern arctic cod [according to Penkin et al., 2010; Penkin, Yarichevskaya, 2016]

балтийская треска остаётся объектом прибрежного промысла. На рис. 5 представлены результаты сравнительного анализа выхода продукции из балтийской трески.

Также как для трески северо-восточной арктической для трески балтийской основным видом разделки является потрошение и обезглавливание. Межсезонная разница в выходе данной продукции составляет 4,5%. При производстве филе трески данный показатель составляет 2,5%.

Подводя итоги следует отметить, что в течение всего периода промысла из минтая возможно выпускать продукцию, соответствующую мировым стандартам качества. Межсезонные изменения выхода продукции из минтая в среднем составляют 0,5%. Изменения выхода продукции у тихоокеанской трески по всем видам разделки составили 5,4–5,5%. Различия по сезонам в выходе потрошённой обезглавленной трески северо-восточной арктической составляет 2,7%, а выход филе различается на 5,7%. Обратная ситуация складывается для балтийской трески, которая по своим размерам существенно уступает треске Баренцева моря. Различия по сезонам в выходе потрошённой обезглавленной трески составило 4,5%, а по выходу филе – 2,5%.

Химический состав мяса тресковых рыб также изменяется в зависимости от сезона лова. Наибольшее количественное изменение в мышечной ткани претерпевает белок, содержание которого понижается по мере созревания половых продуктов и наступления нереста. Данный показатель у минтая в среднем изменяется с 18,0% до 15,4%, в южной части ареала (зона Приморье) с 16,8% до 15,5%. Среднее значение содержания белка в мышцах тихоокеанской трески составляет 17,1%. [Купина и др., 2015; Быков, 1998]. У трески северо-восточной арктической относительное содержание белка в мышцах снижается до 13,0–14,0%, а в нагульный период увеличивается до 16,0–18,0% [Богоявленская, 1977]. У трески балтийской содержание белка снижается с 16,6% до 15,1% [Масленникова, 1970]. Тресковые рыбы относятся к сырью с высоким содержанием белка, однако общей тенденцией для всех тресковых рыб является снижение доли белка в мышечной ткани. Для минтая изменение данного показателя составляет от 1,0% до 3,0%, у трески северо-восточной арктической содержание белка может снижаться до 4,0–6,0%, у трески балтийской снижение содержания белка в мышечной ткани в среднем составляет 1,5%.

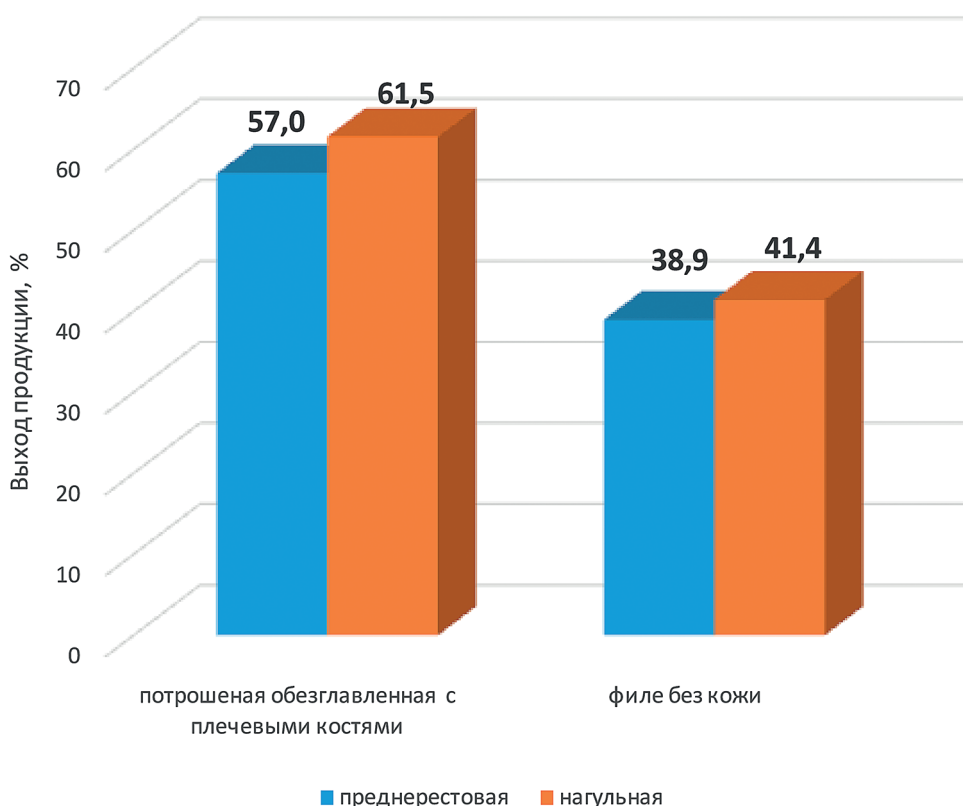


Рис. 5. Сравнительный анализ выхода продукции из трески балтийской
Fig. 5. Comparative analysis of product output from Baltic cod

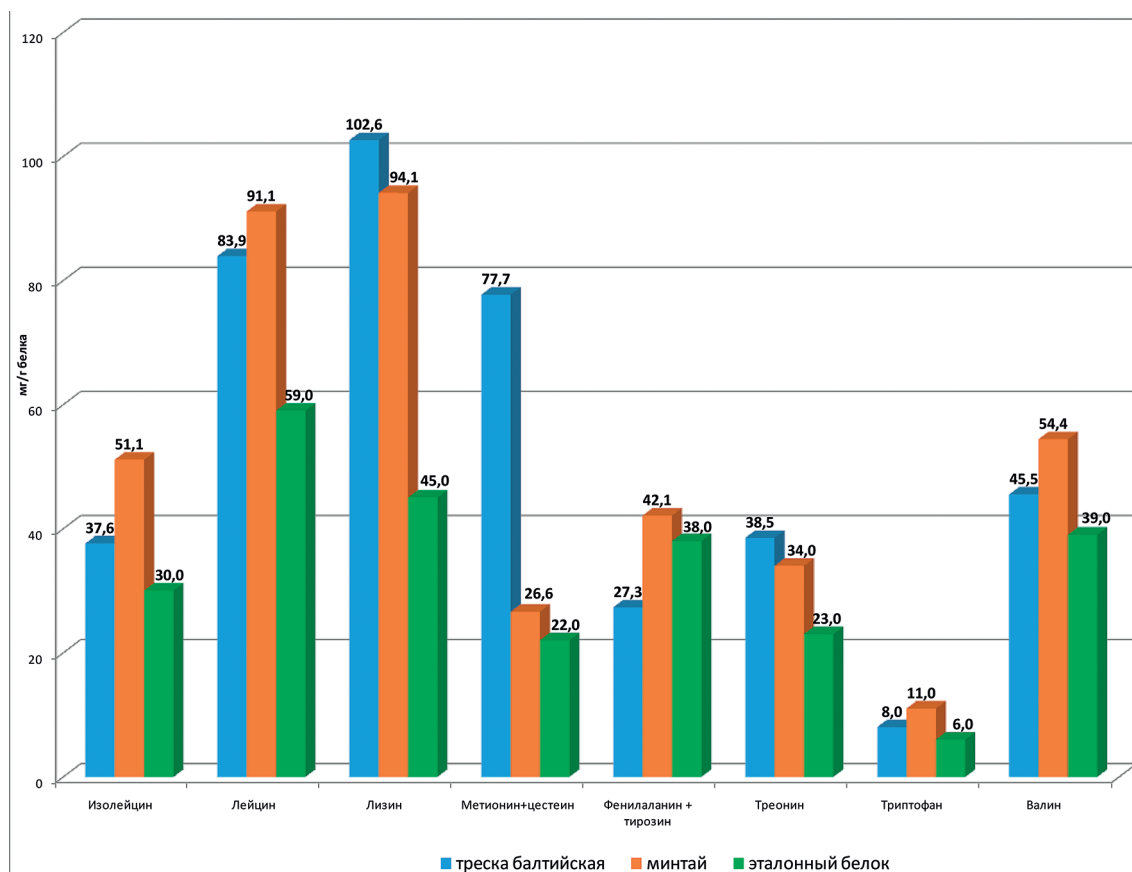


Рис. 6. Содержание незаменимых аминокислот в мышцах минтая и трески [по данным Купиной и др., 2015; Науменко, 2014]

Fig. 6. The content of essential amino acids in walleye pollock and cod muscles [according to Kupina et al., 2015; Naumenko, 2014]

Белки мышечной ткани тресковых рыб полноценны и содержат все необходимые для человека аминокислоты (рис. 6).

Сравнивая аминокислотный состав мяса минтая и трески с эталонным белком⁵, можно отметить, что содержание изолейцина, лизина, фенилаланина, триптофана и валина в мясе минтая выше, чем в мясе трески. В мясе трески количество метеонина, практически в три раза превышает его содержание в эталонном белке, при этом следует отметить, что в мясе минтая содержание метионина лишь немного выше, чем в эталонном белке. В мясе трески содержание фенилаланина ниже, чем в эталонном белке. Содержание лизина в мясе минтая и трески практически в три раза больше, чем в эталонном белке, однако, в мясе минтая содержание лизина лишь немного ниже по сравнению с треской, так же, как и содержание треонина.

Минтай по содержанию белка в мясе не уступает другим тресковым, и также, как и треска является

ценным источником полноценного белка, необходимого для поддержания здоровья. С учётом больших объёмов вылова минтая и производства из него мороженной продукции, увеличение потребления этой продукции жителями России является важным условием продовольственной безопасности.

ВЫВОДЫ

1. Имеющиеся промысловые запасы минтая позволяют в полной мере обеспечивать население России рыбной продукцией. Вылов тихоокеанской трески остаётся стабильным, а вот увеличение выпуска продукции из атлантической трески существенно ограничено охранным статусом данного вида, а также необходимостью международного регулирования использования совместных запасов и депрессивного состояния отдельных популяций.

2. Треска в большей мере истощается в преднерестовый период в отличие от минтая, поэтому переработка минтая более рациональна. Межсезонные изменения выхода продукции из минтая в среднем составляют 0,5 %. Изменения выхода продукции у ти-

⁵ Protein and amino acid requirements in human nutrition: report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation. WHO technical report series No 935. Switzerland: World Health Organization, 2007. 265 p.

хоокеанской трески по всем видам разделки составили 5,4–5,5%. Различие по сезонам в выходе потрошёной обезглавленной трески северо-восточной арктической составляет 2,7%, а выход филе различается на 5,7%. Обратная ситуация складывается для балтийской трески, которая по своим размерам существенно уступает треске арктических морей. Различие по сезонам в выходе потрошёной обезглавленной трески составило 4,5%, а по выходу филе 2,5%.

3. Минтай по содержанию белка в мясе не уступает другим тресковым и также, как и треска является ценным источником полноценного белка, необходимого для поддержания здоровья. С учётом больших объёмов вылова минтая и производства из него мороженой продукции, увеличение потребления этой продукции жителями России является важным условием продовольственной безопасности.

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

- Амосова В.М., Зезера А.С., Карпушевская А.И., Карпушевский И.В., Патокина Ф.А., Дмитриева М.А., Винокур М.Л., Шумилова К.Ю. 2017. Биологические и гидрологические компоненты, характеризующие многолетние изменения и современное состояние трески *Gadus morhua callarias* в Балтийском море (Гданьский бассейн, 26-й подрайон ИКЕС) // Вопросы рыболовства. Т. 18, № 1. С. 42–51.
- Амосова В.М., Зезера А.С., Карпушевская А.И., Карпушевский И.В. 2019. О минимальном промысловом размере трески *Gadus morhua callarias* в Балтийском море // Вопросы рыболовства. Т. 20, № 1. С. 73–82.
- Богоявленская М.П. 1977. Физиолого-биохимические особенности трески Северного моря // Труды ВНИРО. Т. 121. С. 73–81.
- Буслов А.В. 2003. Рост минтая и размерно-возрастная структура его популяций. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 24 с.
- Быков В.П. Справочник по химическому составу и технологическим свойствам морских и океанических рыб. — М.: Изд-во ВНИРО, 1998.— 224 с. ISBN 5–85382–110–5.
- Варкентин А.И. 2015. Сезонная динамика зрелости годовал и показателей упитанности минтая (*Theragra chalcogramma*) в северной части Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 180. С. 77–92.
- Варкентин А.И., Сергеева Н.П., Ильин О.И., Овсянников Е.Е. 2021. Промысел, размерно-возрастной состав, состояние запасов и перспективы вылова минтая (*Gadus chalcogrammus*, Pallas, 1814) на акватории, прилегающей к Камчатскому полуострову и Северным Курильским островам // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 60. С. 5–42. DOI: 10.15853/2072–8212.2021.60.5–42.
- Датский А.В. 2019 а. Сырьевая база рыболовства и её использование в российских водах Берингова моря. Сообщение 2. Межгодовая динамика прогнозируемого и фактического вылова водных биологических ресурсов на современном этапе и в исторической перспективе // Труды ВНИРО. Т. 177. С. 70–122.
- Датский А.В. 2019 б. Сырьевая база рыболовства и её использование в российских водах Берингова моря. Сообщение 3. Сезонная динамика вылова водных биологических ресурсов // Труды ВНИРО. Т. 178. С. 112–149.
- Глубоков А.И. 2005. Биология и популяционная структура минтая (*Theragra chalcogramma*) северной части Берингова моря. Автореф. дис. ... док. биол. наук. М.: ВНИРО. 52 с.
- Ким Сен Ток. 2016. Новая информация о тихоокеанской треске (*Gadus macrocephalus*) в северо-восточных водах острова Сахалин // Вопросы рыболовства. Т. 17, № 1. С. 63–71.
- Кривобок М.Н., Тарковская О.И. 1964. Химическая характеристика желтоперой камбалы, трески и минтая Юго-Восточной части Берингова моря // Труды ВНИРО. Т. 49. С. 257–272.
- Кривобок М.Н., Токарева Г.И. 1972. Динамика веса тела и отдельных органов балтийской трески при созревании половых органов // Труды ВНИРО. Т. 85. С. 46–55.
- Купина Н.М., Баштова А.Н., Павель К.Г. 2015. Исследования химического состава, биологической ценности и безопасности минтая (*Theragra chalcogramma*) залива Петра Великого // Известия ТИНРО. Т. 180. С. 310–319.
- Липская Н.Я., Узарс Д.В., Чекунова В.И., Шатуновский М.И. 1972. Некоторые моменты энергетического обмена балтийской трески // Труды ВНИРО. Т. 85. С. 81–85.
- Масленникова Н.В. 1970. Сезонные изменения пищевой ценности балтийской трески // Труды ВНИРО. Т. 73. С. 73–86.
- Методики определения норм расхода сырья при производстве продукции из гидробионтов. 2002. М.: Изд-во ВНИРО. 270 с.
- Науменко Е.А. 2014. Пищевая ценность рыбных полуфабрикатов с функциональными свойствами из трески балтийской // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хоз-во № 1. С. 97–103.
- Пенкин М.А., Сытова М.В., Харенко Е.Н. 2010. Российско-Норвежское сотрудничество по разработке переводных коэффициентов на продукцию из трески и пикши Баренцева и Норвежских морей // Труды ВНИРО. Т. 149. С. 258–263.
- Пенкин М.А., Яричевская Н.Н. 2016. Анализ переводных коэффициентов на некоторые виды продукции из северо-восточной арктической трески и пикши // Труды ВНИРО. Т. 159. С. 5–12.
- Рамбеа Е.Ф., Одинцова Т.С., Карпушевский И.В., Харенко Е.Н., Одинцов В.А. 2007. Практика внедрения технологического нормирования в процессы регулирования про-

- мысла балтийской трески // Тез. докл. межд. науч.-техн. конф. «Производство рыбной продукции: проблемы, новые технологии, качество». Калининград: АтлантНИРО. С. 205–210.
- Савин А.Б. 2016. Нерестилища тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* в северо-западной части Тихого океана // Известия ТИНРО. Т. 187. С. 48–71.
- Сергеева Н.П. 2020. Динамика массы и индексов печени тресковых рыб Восточной Камчатки в связи с созреванием гонад // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 59. С. 5–26. DOI: 10.15853/2072–8212.2020.59.5–26.
- Сопина А.В., Харенко Е.Н., Яричевская Н.Н. 2022. Актуализация норм выхода продуктов переработки минтая на основе статистического анализа данных опытно-контрольных работ. Сообщение 2. Актуализация норм выхода продуктов переработки минтая Западно-Беринговоморской, Восточно-Камчатской, Северо- и Южно-Курильской зон // Труды ВНИРО. Т. 187. С. 150–158. <https://doi.org/10.36038/2307–3497–2022–187–150–158>.
- Халдинова Н.А. 1960. Некоторые особенности биологии балтийской трески // Труды ВНИРО. Т. 52. С. 109–120.
- Харенко Е.Н., Сопина А.В. 2020. Пищевой гид по рыбной продукции // Рыбное хозяйство № 3. С. 124–128.
- Чуликова Е.С., Саяпина Т.А., Антосюк А.Ю. 2020. Мониторинг выхода ястыков минтая в Западно-Беринговоморской зоне, Карагинской и Петропавловско-Командорской подзонах в путину 2020 г. // Рыбное хозяйство. № 3. С. 114–118.
- Якимов А.Я. 2021. Сравнительная характеристика размерных показателей минтая из траловых уловов на промысле в Охотоморской и Беринговоморской экспедициях осенью 2020 года // Тез. докл. межд. науч.-техн. конф. «Научно-практические вопросы регулирования рыболовства». Владивосток: Дальрыбвтуз. С. 136–140.
- Ярагина Н.А. 1989. Питание, жирность и рост баренцевоморской трески (*Gadus morhua morhua* L.). Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: ВНИРО. 24 с.
- Ярагина Н.А. 2005. Репродуктивный потенциал северо-восточной арктической трески (*Gadus morhua morhua* L.) Автореф. дис. ... док. биол. наук. М.: ВНИРО. 47 с.
- REFERENCES**
- Amosova V.M., Zezera A.S., Karpushevskaya A.I., Karpushevsky I.V., Patokina F.A., Dmitrieva M.A., Vinokur M.L., Shumilova K. Yu. 2017. Biological and hydrological components characterizing long-term changes and the current state of the cod *Gadus morhua callarias* in the Baltic Sea (Gdansk Basin, 26th ICES subarea) // Problems of Fisheries. T. 18, No. 1. P. 42–51 (In Russ.).
- Amosova V.M., Zezera A.S., Karpushevskaya A.I., Karpushevskiy I.V. 2019. On the minimum commercial size of cod *Gadus morhua callarias* in the Baltic Sea // Problems of Fisheries. T. 20. No. 1. P. 73–82. (In Russ.).
- Bogoyavlenskaya M.P. 1977. Physiological and biochemical features of the cod of the North Sea // Trudy VNIRO. T. 121. P. 73–81. (In Russ.).
- Buslov A. V. 2003. Pollock growth and size-age structure of its populations. Abstract dis. ... cand. biol. sciences. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO. 24 p. (In Russ.).
- Bykov V.P. Handbook on the chemical composition and technological properties of marine and oceanic fish. — M.: VNIRO Publishing House, 1998.— 224 p. ISBN 5–85382–110–5.
- Varkentin A.I. 2015. Seasonal dynamics of gonadal maturity and fatness indicators of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the northern part of the Sea of Okhotsk // Izvestiya TINRO. T. 180. P. 77–92. (In Russ.).
- Varkentin A.I., Sergeeva N.P., Ilyin O.I., Ovsyannikov E.E. 2021. Fishing, size and age composition, state of stocks and prospects for catching walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*, Pallas, 1814) in the water area adjacent to the Kamchatka Peninsula and the Northern Kuril Islands // Research of aquatic biological resources of Kamchatka and the Northwestern Pacific Ocean. Release. 60. P. 5–42. DOI: 10.15853/2072–8212.2021.60.5–42. (In Russ.).
- Datsky A.V. 2019 a. The raw material base of fisheries and its use in the Russian waters of the Bering Sea. Message 2. Interannual dynamics of the predicted and actual catch of aquatic biological resources at the present stage and in the historical perspective // Trudy VNIRO. T. 177. P. 70–122. (In Russ.).
- Datsky A.V. 2019 b. The raw material base of fisheries and its use in the Russian waters of the Bering Sea. Message 3. Seasonal dynamics of catch of aquatic biological resources. // Trudy VNIRO. T. 178. P. 112–149. (In Russ.).
- Glubokov A.I. 2005. Biology and population structure of pollock (*Theragra chalcogramma*) in the northern part of the Bering Sea. Abstract dis. ... doc. biol. sciences. Moscow: VNIRO. 52 p. (In Russ.).
- Kim Seng Tok. 2016. New information on the Pacific cod (*Gadus macrocephalus*) in the northeastern waters of Sakhalin Island // Problems of Fisheries. T. 17. No. 1. P. 63–71. (In Russ.).
- Krivobok M.N., Tarkovskaya O.I. 1964. Chemical characteristics of yellowfin flounder, cod and walleye pollock in the southeastern part of the Bering Sea // Trudy VNIRO. T. 49. P. 257–272. (In Russ.).
- Krivobok M.N., Tokareva G.I. 1972. Dynamics of body weight and individual organs of the Baltic cod during the maturation of the genital products // Trudy VNIRO. T. 85. P. 46–55. (In Russ.).
- Kupina N.M., Bashtova A.N., Pavel K.G. 2015. Studies of the chemical composition, biological value and safety of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the Great Peter Bay // Izvestiya TINRO. T. 180. P. 310–319. (In Russ.).
- Lipskaya N. Ya., Uzars D.V., Chekunova V.I., Shatunovsky M.I. 1972. Some aspects of the energy exchange of the Baltic cod // Trudy VNIRO. T. 85. P. 81–85. (In Russ.).
- Maslennikova N.V. 1970. Seasonal changes in the nutritional value of the Baltic cod // Trudy VNIRO. T. 73. P. 73–86. (In Russ.).
- Methods for determining the consumption rates of raw materials in the production of products from hydrobionts. 2002. M.: VNIRO Press. 270 p. (In Russ.).
- Naumenko E.A. 2014. Nutritional value of fish semi-finished products with functional properties from Baltic cod // Vestnik AGTU. Series: Fisheries No. 1. P. 97–103. (In Russ.). (In Russ.).

- Penkin M.A., Sytova M.V., Kharenko E.N. 2010. Russian-Norwegian cooperation on the development of conversion factors for products from cod and haddock of the Barents and Norwegian Seas // Trudy VNIRO. T. 149. P. 258–263. (In Russ.).
- Penkin M.A., Yarchevskaya N.N. 2016. Analysis of conversion factors for some types of products from northeastern Arctic cod and haddock // Trudy VNIRO. T. 159. P. 5–12. (In Russ.).
- Rambeza E.F., Odintsova T.S., Karpushevsky I.V., Kharenko E.N., Odintsov V.A. 2007. The practice of introducing technological regulation into the regulation of the Baltic cod fishery // Abstr. report intl. sci.-tech. conf. «Production of fish products: problems, new technologies, quality». Kaliningrad: AtlantNIRO. P. 205–210. (In Russ.).
- Savin A.B. 2016. Spawning grounds for the Pacific cod *Gadus macrocephalus* in the northwestern part of the Pacific Ocean // Izvestiya TINRO. T. 187. P. 48–71. (In Russ.).
- Sergeeva N.P. 2020. Dynamics of mass and liver indices in cod fish of Eastern Kamchatka in connection with maturation of gonads // Issled. aq. biol. resources of Kamchatka and northwest. parts of the Pacific Ocean. Release. 59. P. 5–26. DOI: 10.15853/2072–8212.2020.59.5–26. (In Russ.).
- Sopina A.V., Kharenko E.N., Yarchevskaya N.N. 2022. Updating the rates of output of pollock processing products based on statistical analysis of experimental data. Message 2. Updating the rates of walleye pollock processing products in the West Bering Sea, East Kamchatka, North and South Kuril zones // Trudy VNIRO. T. 187. P. 150–158. <https://doi.org/10.36038/2307–3497–2022–187–150–158>. (In Russ.).
- Khaldinova N.A. 1960. Some features of the biology of the Baltic cod // Trudy VNIRO. T. 52. P. 109–120. (In Russ.).
- Kharenko E.N., Sopina A.V. 2020. Food guide for fish products // Fisheries № 3. P. 124–128. (In Russ.).
- Chupikova Ye.S., Sayapina T.A., Antosyuk A. Yu. 2020. Monitoring the release of pollock ovaries in the West Bering Sea zone, Karaginskaya and Petropavlovsk-Komandorskaya subzones in the fishing season in 2020 // Rybnoye khozyaystvo. № 3. P. 114–118. (In Russ.).
- Yakimov A. Ya. 2021. Comparative characteristics of pollock size indicators from trawl catches in the fishery in the Sea of Okhotsk and Bering Sea expeditions in the fall of 2020 // Cit. report intl. sci.-tech. conf. «Scientific and practical issues of fisheries regulation». Vladivostok: Dalrybvutuz. P. 136–140. (In Russ.).
- Yaragina N.A. 1989. Nutrition, fat content and growth of the Barents Sea cod (*Gadus morhua morhua* L.). PhD Abstract. Moscow: VNIRO. 24 p. (In Russ.).
- Yaragina N.A. 2005. Reproductive potential of the northeastern Arctic cod (*Gadus morhua morhua* L.) Abstract dis. ... doc. biol. Sciences. Moscow: VNIRO. 47 p. (In Russ.).

Поступила в редакцию 02.06.2022 г.
Принята после рецензии 02.08.2022 г.



Экономика, международное сотрудничество и нормативные правовые основы рыбохозяйственной деятельности

О регулировании промысла с учётом его эффективности на примере минтая в северной части Охотского моря

Г.А. Волошин, Д.В. Артеменков

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

Цель данной работы заключается в рассмотрении вопроса критериев эффективности промысла в течение года на примере минтая Северо-Охотоморской подзоны.

Материалы и методы: в работе проанализирована эффективность промысла на основе данных промыслово-статистической информации Центра системы мониторинга рыболовства и связи Росрыболовства. В качестве основных показателей для анализа были определены: объём добычи минтая по месяцам, объём добычи на судод-сутки лова, количество судов на лову, количество судод-суток на лову, доля продукции б/г+25 в общем объёме продукции б/г. Высоко рентабельный промысел минтая сезона «А» наблюдается в феврале, марте и апреле, что подтверждается достоверно различными показателями среднего объёма добычи и объёмом добычи на судод-сутки лова в эти месяцы относительно сезона «Б» (при $p < 0,001$).

Результаты исследования: результаты анализа рассмотренных показателей могут указывать на такие причины как неоптимальный объём ОДУ, освоение которого требует повышенных затрат и как следствие снижает экономическую эффективность промысла, неоптимальные схемы расстановки флота.

Практическая значимость: полученные в процессе работы результаты указывают на необходимость учёта экономических и социальных критериев при оценке эффективности эксплуатации запасов водных биоресурсов, которые в настоящее время не учитываются в управлении рыболовством.

Ключевые слова: устойчивое развитие, эффективность эксплуатации запасов ВБР, регулирование промысла ВБР, новые экономические условия, биоэкономика, экономика промысла, система управления рыболовством, минтай *Gadus chalcogrammus*.

On the regulation of the fishery taking into account its effectiveness using the example of pollock in the northern part of the Sea of Okhotsk

Grigory A. Voloshin, Dmitriy V. Artemenkov

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

The purpose of this work is to consider the question of the criteria for the effectiveness of fishing during the year using the example of pollock of the Severo-Okhotomorskaya subzone.

Materials and methods: The work analyzed the effectiveness of the fishery based on the data of the fishery and statistical information of the Center for the Fishery Monitoring and Communications System of the Federal Agency for Fishery. The main indicators for the analysis were: pollock production by month, production per vessel-day of fishing, number of vessels per vessel, number of vessels per vessel-day of fishing, share of production beheaded + 25 in total production beheaded. The highly profitable pollock fishery of season "A" is observed in February, March and April, which is confirmed by reliably different indicators of the average production volume and the volume of production per ship-day of fishing during these months relative to season "B" (at $p < 0.001$).

The results of the study: The results of the analysis of the considered indicators may indicate such reasons as the suboptimal amount of the total allowable catch, the development of which requires increased costs and, as a result, reduces the economic efficiency of the fishery, suboptimal schemes for the arrangement of the fleet.

Practical significance: The results obtained during the work indicate the need to take into account economic and social criteria when assessing the efficiency of the exploitation of reserves of aquatic biological resources, which are currently not taken into account in fisheries management.

Ключевые слова: sustainable development, efficient exploitation of water biological resources, regulation of water biological resources, new economic conditions, bioeconomic, fishery economics, fisheries management system, pollock *Gadus chalcogrammus*.

ВВЕДЕНИЕ

Биологические ресурсы океана исчерпаемы. При одновременном росте спроса на рыбопродукцию и населения Земли возникает перенасыщенность промыслового флота предприятий для удовлетворения потребностей в животном белке [Сысоев, 1977; Gerland et al., 2014; Артеменков, 2017]. Такое кон-

курентное использование ведёт к переэксплуатации запасов гидробионтов и росту затрат у предприятий, что в настоящее время характеризует неэффективный способ эксплуатации их запасов.

Основа управления рыболовством не включает критерии экономической эффективности использования морских биоресурсов. В свою очередь, макси-

мальный физический улов может не быть оптимальным с точки зрения экономики. Максимальная прибыль от промысла может быть получена при только более низкой величине затрачиваемого промыслового усилия, которое возможно лишь при высокой доли промыслового запаса, что создаёт более благоприятные условия для репродуктивной способности ресурса и в дальнейшем увеличивая плотность особей на акватории промысла [Graham, 1935; Бородин и др., 2014; Шевченко, Датский, 2014]. Определение критериев экономической эффективности и целесообразности ведения промысла состоит из исследования соотношения величины уловов и затрат на единицу промыслового усилия. Следовательно, для определения реальной величины максимальной прибыли от промысла возможно при установлении необходимого промыслового усилия или количества судов для реализации установленной величины вылова.

В настоящее время величина общего допустимого улова (ОДУ) представляет традиционную концепцию управления промыслом, которая имеет достаточное количество нареканий, в том числе, что не представляет рекомендаций для промысла о перераспределении промыслового усилия. Поэтому в некоторых странах используется управление промыслом через концепцию квотирования общего допустимого промыслового усилия (ОДПУ). Кроме того, управление промыслом осуществляется не только посредством квотирования усилия по отношению к запасам, но и к промысловым районам, типам судов, количеству выходов на промысел и длительности промысла. В результате отмечается создание такой правовой среды, в которой исчезают стимулы к конкурентному наращиванию избыточной промысловой мощности и промыслового усилия, что приводит к постепенной оптимизации промысловых мощностей рыболовных флотов [Clark, 1986; Бородин и др., 2014].

Современный супертраулер может добывать до 400 т рыбы за один цикл траления и перерабатывать до 80 т продукции в сутки. Размер судна, его мощность, оснащение ультрасовременным электронным оборудованием и мобильность усиливают промысловые способности траулеров-процессоров, но за эти преимущества необходимо платить высокими капитальными и эксплуатационными затратами. Большие затраты на обслуживание траулера-процессора, заставляют предприятия вылавливать больше рыбы. В схожих условиях находится промысел запаса минтая в Охотском море.

Минтай *Gadus chalcogrammus* Pallas, 1814 является важным объектом специализированного промысла в северо-восточной части Охотского моря в гра-

ницах Северо-Охотоморской, Западно-Камчатской, Камчатско-Курильской подзон, а также в открытых водах (61.52). С 1950-х гг. минтая добывали сначала японские и корейские рыбаки, а с 1963 г. промысел начали отечественные рыбаки [Шунтов и др., 1993]. Рассматривая эффективность промысла минтая на примере запаса в Северо-Охотоморской подзоне, примечательно выделить, что в этой подзоне промысел начат с 1977 г. До 1984 г. здесь вылавливали от 0,2 до 100 тыс. т, но с 1985 г. промысел значительно вырос, а в 1995 г. составил максимальный вылов 847 тыс. т. В последние годы с 2013 по 2021 гг. вылов изменялся от 294 до 382 тыс. т, составляя в среднем 339 тыс. т.

Таким образом, резюмируя вышеуказанное, проведённые исследования экономической эффективности промысла являются лишь теоретическими. В свою очередь, динамика вылова минтая тесно связана с изменчивостью целого ряда биологических и экономических факторов. Вместе с тем, на современном этапе развития рассматривать эффективность исключительно с точки зрения экологии, экономики или с точки зрения социальных запросов по мнению авторов неправильно. В этой связи целью данной работы является попытка рассмотрения вопроса критериев оценки комплексной эффективности промысла.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования выбран промысел минтая, так как является наиболее масштабным, имеет наибольшее количество участников с применением большого количества судов разных типов (большие, крупные, средние и др.), следовательно, имеет наибольший объём статистических сведений, доступных для анализа. Анализ эффективности промысла в течение года минтая Северо-Охотоморской подзоны Охотского моря основан на данных промыслово-статистической информации из Центра системы мониторинга рыболовства и связи Росрыболовства, которая формируется из суточных судовых донесений капитанов рыболовных судов (ССД) [ЦСМС¹]. Набор данных описывает промысел минтая в Охотском море за период 2013–2021 гг. в Северо-Охотоморской подзоне ограниченной линией, идущей от точки 53°15' с. ш. — 153°30' в. д. вдоль побережья Охотского моря, отсюда на юг до точки 50°00' с. ш. — 153°30' в. д., затем — до точки 56°30' с. ш. — 142°41' в. д., затем — на юг до мыса Елизавета, далее — по западному побережью острова Сахалин до точки 53°15' с. ш. — 141°48' в. д. и отсюда на запад — в исходную точку.

¹ <http://cfmc.ru/> 17.05.2022.

С учётом запретных сроков для осуществления специализированного промысла минтая (с 10 апреля по 15 октября) в выбранном промысловом районе, установленных Правилами рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна (утверждены приказом Минсельхоза России от 23.05.2019 № 267²), исследовались ежегодные промысловые данные в периоды с октября по декабрь и с января по апрель. Выбранные показатели анализировались раздельно по типам судов (крупные, большие и средние), осуществляющих специализированный промысел минтая в выбранном промысловом районе.

В качестве основных показателей для анализа были определены объём добычи минтая по месяцам, объём добычи на судод-сутки лова, количество судов на лову, количество судод-суток на лову, доля продукции б/г+25 в общем объёме продукции б/г, ошибка среднего значения. Статистическую обработку полученных данных производили в программе Statistica 10.³ Для сравнения показателей эффективности работы флота использовали метод парных сравнений на основе t-критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе развития промышленного рыболовства необходимо учитывать, что из-за огромного влияния на его результаты природной цикличности и растущих ресурсных ограничений не все экономически эффективные распределения производственных ресурсов устойчивы, точно также как не все устойчивые распределения экономически эффективны. Устойчивость промышленного рыболовства следует понимать как обеспечение устойчивого улова (это не адекватно стабильному или растущему по объёму вылову) по периодам перспективы при не снижающемся объёме природного капитала и максимизации общественных выгод. Это обуславливает принятие социальных решений, не всегда соответствующих экономическому оптимуму.

Изложенный подход к измерению эффективности требует так называемое «долгосрочное мышление», что предопределяет необходимость перехода от статического измерения общественной эффективности к динамической оценке. Оптимальная комбинация эффективности с устойчивостью достигается выбором политики в области регулирования промышленного рыболовства, обеспечивающей безистощительную

добычу водных биоресурсов при соответствующем балансе социальных, экономических и экологических целей. То есть в основе целеполагания эффективности лежат критерии устойчивости промышленного рыболовства, приоритеты которых могут меняться во времени, а сама политика в области развития строиться на максимизации эффекта от использования того или иного производственного ресурса исходя из установки обеспечения устойчивого развития. Поэтому время следует рассматривать как важнейший фактор реализации этой установки на практике.

Однако в процессе развития действующей системы принятия управленческих решений в отечественном промышленном рыболовстве во главу угла был поставлен экологический аспект. При этом, всё ещё развиваясь в парадигме индустриальной экономики, эффективность рыболовства сегодня продолжает оцениваться через призму объёма добычи (вылова) водных биологических ресурсов.

Усиливается это утвердившимся убеждением в необходимости обеспечения прав частного капитала на получение доходов в рыболовстве за счёт эксплуатации федеральных ресурсов, при этом не обременённых государством какими-либо значимыми социальными или экономическими обязательствами. Это объясняется тем, что в основе политики в области промышленного рыболовства лежат мировоззренческие взгляды крупных судовладельцев или владельцев крупных квот на добычу (вылов) гидробионтов, которые, руководствуясь сиюминутными мотивациями, принимают в качестве измерения экономической эффективности единственный критерий (получение максимальной прибыли от частных инвестиций).

С этой точки зрения на эффективность рыболовства, должна быть обеспечена безистощительная эксплуатация запасов водных биологических ресурсов при постоянном росте вылова. С учётом ограниченности знаний и возможности получать и своевременно, качественно обрабатывать новые данные об изменении, происходящих в окружающей среде и влияющих на состояние запасов водных биологических ресурсов, функционирование действующей системы управления дополнительно усложняется необходимостью следования принципу предосторожности.

Однако, как было сказано выше, 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 рыбо-

² Приказ Минсельхоза России от 23.05.2019 № 267 «Об утверждении правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна». <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72161446/?ysclid=l6m40xd05d371271924>.

³ <http://www.statsoft.com> 01.06.2022.

хозяйственного сообщества и населения страны. Учёт такого многоаспектного подхода к измерению эффективности промышленного рыболовства не только чрезвычайно важен в процессе повышения его устойчивости. Он должен лежать в основе оценки эффективности при выборе альтернатив развития отрасли и его основы — промышленного рыболовства — в долгосрочной перспективе. При этом должна стать аксиомой истина, что при использовании ограниченных ресурсов общенациональной собственности, какими являются водные биоресурсы, экономическая эффективность и социальная справедливость не являются альтернативами. Это две взаимодополняющие части оптимального решения, баланс которых с учётом экологического аспекта и должен обеспечиваться нормами права.

На практике же регулирование эксплуатации водных биоресурсов ограничено лимитированием вылова на основе имеющихся данных научного наблюдения с учётом преосторожного подхода для сохранения запасов на уровне, обеспечивающем их воспроизводство. Так промышленное рыболовство осуществляется в рамках объёмов квот добычи (вылова) водных биоресурсов, которые распределяются в долевым соотношении от общего объёма промышленной квоты между пользователями, с которыми заключены договоры о закреплении долей квот добычи (вылова) водных биоресурсов для осуществления промышленного рыболовства на определённый срок (пятнадцать лет). Объём промышленной квоты определяется в зависимости от объёма общего допустимого улова, устанавливаемого ежегодно.

При этом в соответствии с положениями Федерального закона от 20.12.2004 № 166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов»⁴ в случае, если добыча водных биоресурсов осуществляется пользователем, имеющим право её осуществлять в течение двух лет подряд в объёме менее семидесяти процентов квоты добычи водных биоресурсов, то происходит принудительное лишение права осуществлять добычу в соответствии с закреплённой долей квоты и договор о закреплении доли квоты расторгается. С одной стороны, это эффективный инструмент, направленный на более полное освоение квоты. С другой стороны, возникает вопрос к величине самого общего допустимого улова, от которого зависит величина квоты. В настоящее время объём допустимого улова определяется исключительно на основе биологических особенностей того или иного

вида водных биологических ресурсов. Другими словами, определяется максимальный объём, который можно изъять из среды обитания. При этом не учитываются другие составляющие — показатели экономической и социальной эффективности. К таким показателям относятся, во-первых, величина затрат на осуществление промысла, во-вторых, объём и перечень продукции, необходимой для удовлетворения внутренних потребностей, а также объём и перечень продукции, необходимой для эффективного размещения на рынке внешних потребителей.

Как было сказано выше, при оценке экономической эффективности необходимо учитывать показатели, характеризующие затраты на получение улова и выгоды, полученные при реализации продукции из уловов водных биоресурсов, причём, не только те выгоды, которые принадлежат пользователю, но и те, которые получает государство в виде налогов и сборов. Социальная эффективность должна оцениваться с учётом таких показателей как доля рыбной продукции в рационе питания, удовлетворение потребности населения в продукции, произведённой из уловов водных биоресурсов, возможно и показатели, характеризующие уровень здоровья. Также нужно отметить, что экологический аспект также должен оцениваться не только количественно как объём запаса, но и учитывать его качественные характеристики, такие как размер особей в улове.

Очевидно, что показатели социальной, экономической и экологической эффективности тесно взаимосвязаны, поэтому, по мнению авторов, целесообразно оценивать некую общую эффективность в зависимости от внутренних и внешних условий, сложившихся на момент проведения оценки и в перспективе их развития. Таким образом, авторы в рамках начатого исследования делают попытку на основе многоаспектного анализа показателей промысла, биоэкономических моделей систем «запас-промысел-потребитель» сформировать 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.

На первом этапе исследования проведён предварительный анализ результатов промысла и их динамики в условиях действующих норм регулирования промысла. Итогом анализа данных стали следующие результаты. Как отмечалось выше, динамика уловов минтая в Северо-Охотоморской подзоне имеет широкую изменчивость с 1977 по 2021 гг., где наглядно характеризуются начальный период промысла, выра-

⁴ Федеральный закон от 20.12.2004 № 166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов». <http://www.kremlin.ru/acts/bank/21771>.

жены годы с максимальным выловом (до 847 тыс. т), и период стабилизации промысла в последние годы (в среднем 339 тыс. т). При этом в течение анализируемого периода с 2013 по 2021 гг. рост объёма добычи составил 21,7% (рис. 1).

Добыча минтая в выбранном промысловом районе осуществляется ежегодно в течение семи месяцев в соответствии с правилами рыболовства. При

этом показатели работы добывающего флота в течение всего периода осуществления рыболовства непостоянны по величине, но имеют ежегодно чётко выраженную регулярную изменчивость по месяцам (рис. 2). В соответствии с Правилами рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна на специализированный траловый промысел минтая в Северо-Охотоморской подзоне разрешён с 1 янва-

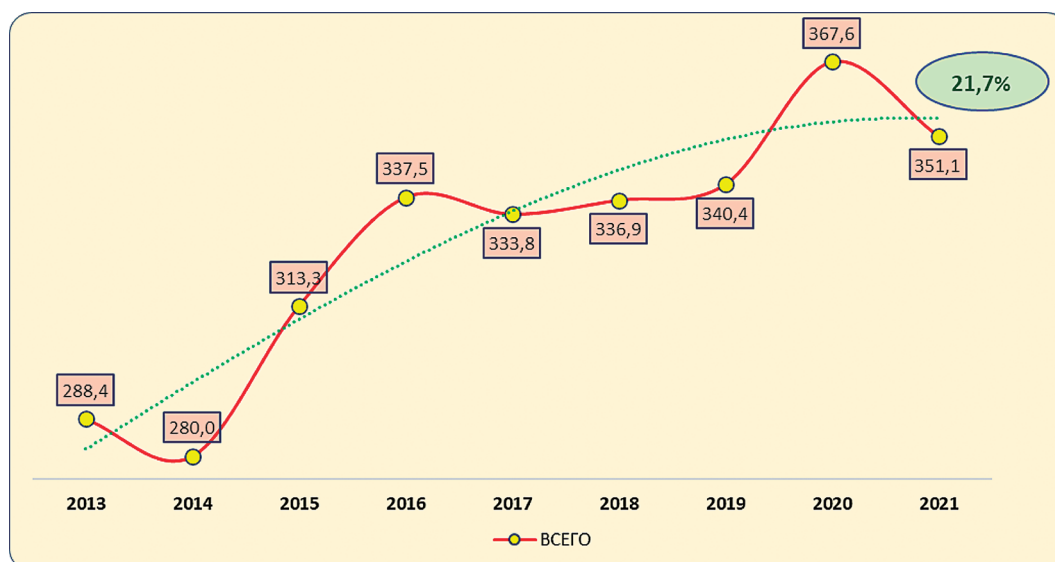


Рис. 1. Динамика объёма добычи минтая за период с 2013 по 2021 гг. в Северо-Охотоморской подзоне крупными, большими и средними судами, т

Fig. 1. Dynamics of pollock production for the period from 2013 to 2021 in the Severo-Okhotomorskaya subzone by big, large and medium vessels, tons

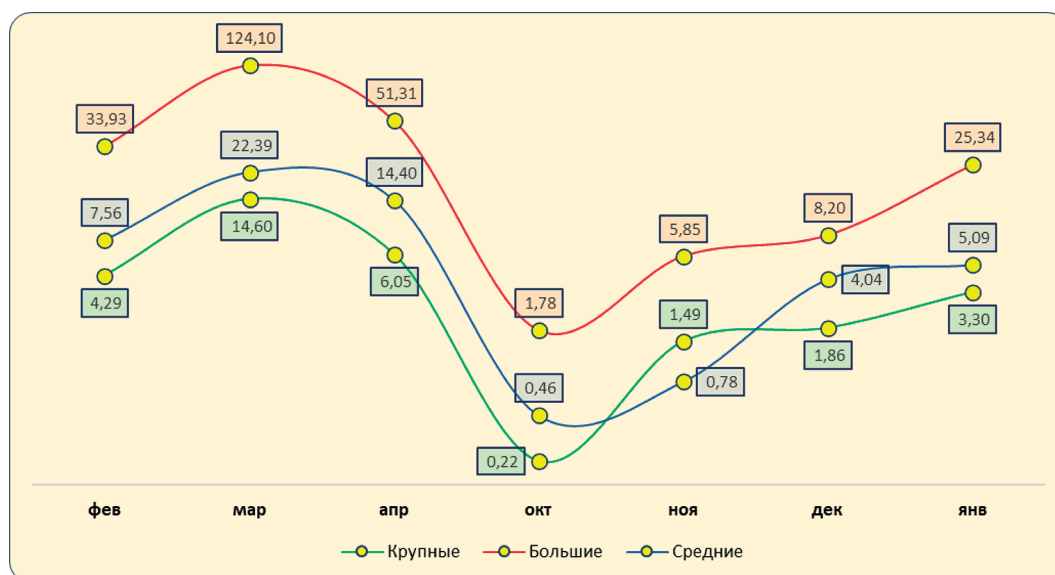


Рис. 2. Усреднённый объём добычи минтая по месяцам за период с 2013 по 2021 гг. в Северо-Охотоморской подзоне крупными, большими и средними судами, тыс. т

Fig. 2. Average pollock production by month for the period from 2013 to 2021 in the Severo-Okhotomorskaya subzone by big, large and medium vessels, thousand tons

ря до 10 апреля (так называемый, сезон «А») и далее с 16 октября до конца года (сезон «Б»). В незначительных объёмах в данном районе минтай добывают в качестве прилова на траловом и донном промыслах.

За счёт возможности производства икры и высокой рентабельности такого лова промышленники предпочитают сезон «А». Результаты исследования позволяют отметить, что сезон «А» по всем типам судов с января по апрель имеют следующие средние значения вылова за месяц за период с 2013 по 2022 гг.: 33 ± 16 , 46 ± 7 ; 161 ± 16 ; 64 ± 11 тыс. т (соответственно, с января по апрель). Сезон «Б» с 16 октября до конца года характеризуется достаточно меньшим выловом по месяцам: $2 \pm 0,8$, 8 ± 2 , 14 ± 4 тыс. т (соответственно, с октября по декабрь).

При этом статистически значительные различия по месяцам сезона «А» и «Б» наблюдаются не у всех месяцев. Так, средний вылов за январь в период с 2013 по 2022 гг. достоверно не отличается от такового показателя с октября по декабрь (соответственно, при $p < 0,083$; $p < 0,150$; $p < 0,279$). Высоко рентабельный промысел минтая сезона «А», как отмечалось выше, наблюдается в феврале, марте и апреле, что подтверждается достоверно различными показателями среднего вылова в эти месяцы относительно сезона «Б» (при $p < 0,001$). На рис. 3 представлена усреднённая динамика объёма добычи минтая на судод-сутки лова, которая повторяет картину с общим объёмом вылова (рис. 2)

Статистические расчёты дают основания отметить средний вылов в месяц за оба сезона составляет 46 тыс. т, при промысловом усилии 105 т/судод-сутки лова. Следовательно, можно говорить, что в период промысла минтая в Северо-Охотоморской подзоне с 2013 по 2021 гг. при достижении показателя вылова в месяц 46 тыс. т и более наблюдается наибольшая рентабельность. Такую реперную точку возможно найти при более детальном рассмотрении классов судов, анализируя данные промысла минтая по типам судов. Так, 9% общего вылова приходится на крупные суда, 74% – на большие суда и 12% – на средние суда. Среди которых показатель среднего вылова в месяц за оба сезона у крупных судов 5 тыс. т, у больших – 35 тыс. т и у средних – 7 тыс. т.

При этом среднее значения промыслового усилии по месяцам за период с 2013 по 2022 гг. наибольшее у крупных судов 50 т/судод-сутки лова, по отношению к 42 т/судод-сутки лова у больших судов и 22 т/судод-сутки лова у средних судов, что в общем-то логично ввиду наибольшей производительности крупных судов. Рассматривая тенденцию промыслового усилии между сезоном «А» и «Б», можно повторить, что высокорентабельный промысел минтая наблюдается в феврале, марте и апреле, что подтверждается достоверностью различий (при $p < 0,001$). Хотя, промысловое усиление в феврале достоверно различно лишь с октябрём в начале осеннего промысла и статистически не отличается с ноябрём-декабрём и январём

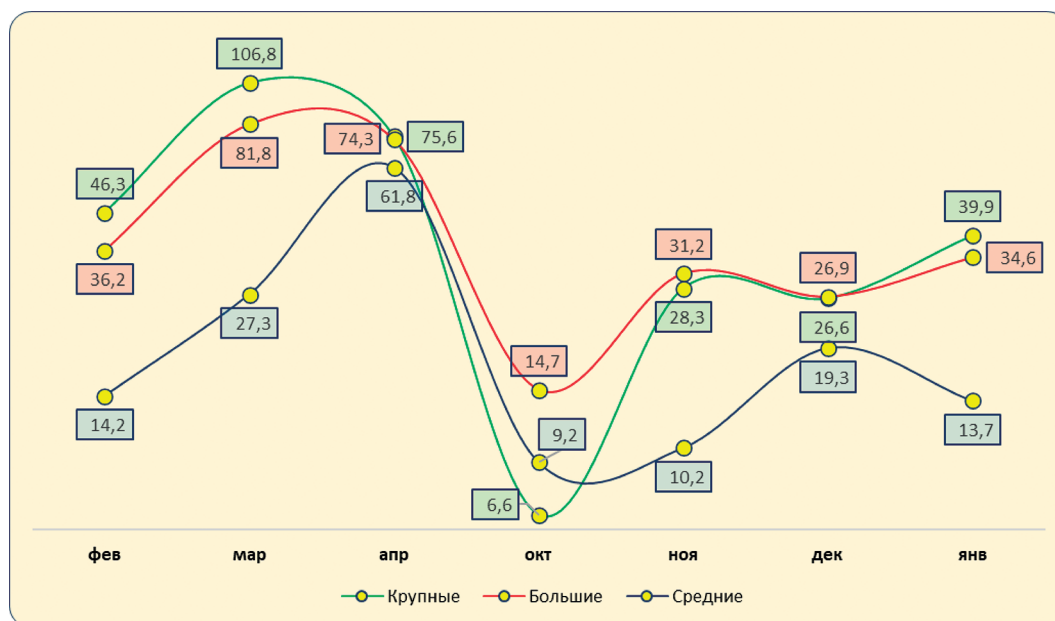


Рис. 3. Усреднённый объём добычи минтая на судод-сутки лова по месяцам за период с 2013 по 2021 гг. в Северо-Охотоморской подзоне крупными, большими и средними судами, т

Fig. 3. Average volume of pollock production per vessel-day of fishing by months for the period from 2013 to 2021 in the Severo-Okhotsk subzone by big, large and medium vessels, tons

(соответственно при $p < 0,107$; $p < 0,107$; $p < 0,565$). Данный факт может говорить, что индивидуальный промысел судов и их рентабельность наиболее близкая между февралём и январём.

Таким образом в течение года, когда разрешён специализированный промысел минтая представляется возможным условно выделить три периода по величине показателей общего объёма добычи (низкий, средний, высокий). Низкому уровню соответствуют показатели работы в период с октября по декабрь. Показатели январского промысла можно характеризовать как средние. Высокий уровень показателей работы наблюдается в период с февраля по апрель.

Из табл. 1 видно, что в зависимости от типа рыболовных судов в высокий период промысла добывается от 78 до 81% всего годового объёма добычи. В январе доля улова в общем объёме вылова составляет от 16 до 21%. В период с октября по декабрь объём добычи находится на уровне 10% от общего объёма вылова.

При этом усреднённое количество рыболовных судов, находящихся на специализированном промысле в периоды, когда суммарная добыча находится на уровне 20% от годового объёма, ниже на 20–30% по отношению к количеству судов в период с февраля по март («высокий» период) (рис. 4). Это указывает на то, что в «низкий» период на получение одной единицы

Таблица 1. Среднегодовые значения долей объёмов добычи минтая по периодам в общегодовом объёме добычи минтая крупными, большими и средними судами, %

Table 1. Annual average values of pollock production by periods in the total annual pollock production volume by big, large and medium vessels, %

Крупные			Большие			Средние		
февраль март апрель	октябрь ноябрь декабрь	январь	февраль март апрель	октябрь ноябрь декабрь	январь	февраль март апрель	октябрь ноябрь декабрь	январь
78,4	11,2	10,4	83,6	6,3	10,1	81,1	9,7	9,3
21,6			16,4			18,9		

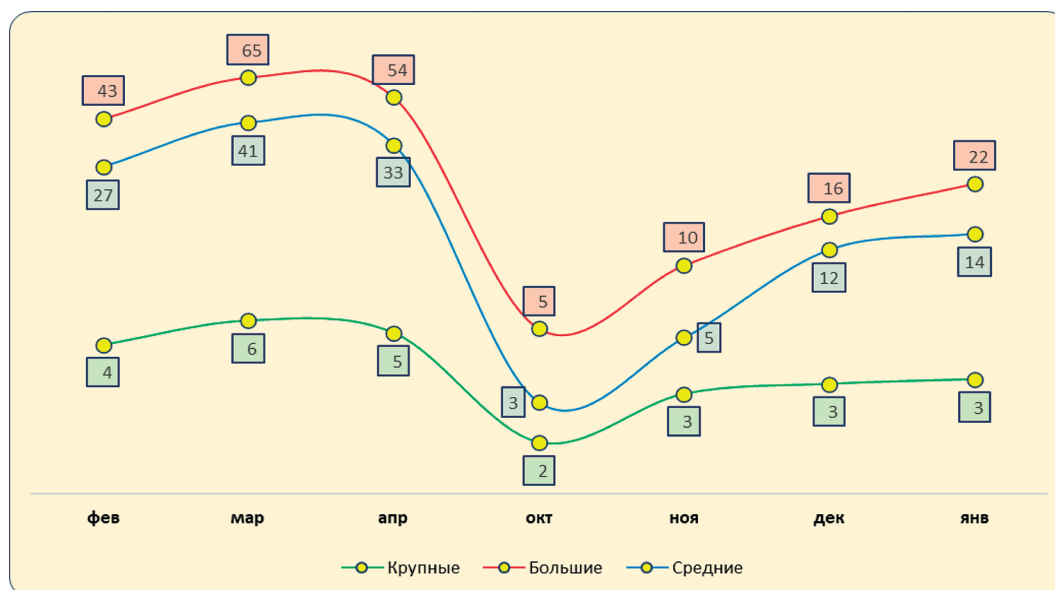


Рис. 4. Усреднённое количество крупных, больших и средних рыболовных судов, осуществляющих специализированный промысел минтая в период с 2013 по 2021 гг. в Северо-Охотоморской подзоне, ед.

Fig. 4. The average number of large, large and medium-sized fishing vessels engaged in specialized pollock fishing from 2013 to 2021 in the Severo-Okhotomorskaya subzone, units

улова затрачивается большее количество ресурсов таких как топливо, снабжение, оплата труда, износ орудий лова и других.

С учётом того, что экономическая эффективность находится в прямой зависимости от затрат на производство при одном уровне рыночной стоимости произведённой продукции, то можно сделать предварительный вывод о наименьшей эффективности промысла в период с октября по декабрь и в январе. При этом необходимо учитывать, что в настоящее время все добывающие предприятия отрасли являются коммерческими организациями, основной целью которых является получение максимальной прибыли. Поэтому повышенные затраты обязательно увеличивают себестоимость продукции, что отражается на цене её реализации. Так, добывающая компания, получив улов и произведя продукцию в периоды с разным уровнем затрат реализует её по более высокой цене в «низкий» период и усреднит свой результат реализацией продукции по более низкой цене в «высокий» период.

Но если предположить, что предприятие будет вести промысел только в периоды, наиболее эффективные с точки зрения затрат на производство, то снизится и себестоимость продукции, а следовательно, есть основание ожидать и снижения цены её реализации при соблюдении интересов производителя. Почему возникает такая ситуация? Можно предположить, что причина ведения промысла в период с октября по декабрь и в январе несмотря на наименьший экономический эффект обусловлена или частично обусловлена угрозой лишения права на добычу водных биологических ресурсов в случае освоения квоты в объёме менее 70% в течение двух лет, о котором было

сказано выше. То есть пользователи водными биологическими ресурсами вынуждены сознательно вести промысел с более высокими показателями затрат во избежание лишения права на добычу.

По мнению авторов использование на промысле во все периоды судов разных типов, несмотря на сделанные предварительные расчёты, которые демонстрируют разную эффективность промысла в разные периоды по типам судов (наиболее эффективно на промысле в марте использовать крупные суда, большие — в ноябре и январе, средние — в феврале, апреле и октябре), обусловлено ограниченными стремлением или возможностями добывающих предприятий по планированию и развитию добывающих мощностей.

Так же в процессе исследования были проанализированы данные о структуре произведённой продукции для оценки определённого размерного ряда добываемого минтая. На рис. 5 изображена кривая динамики годовой усреднённой доли мороженого обезглавленного минтая более 25 см в общем объёме произведённой продукции по группе «рыба мороженная (обезглавленная и потрошённая обезглавленная)».

Видно, что наибольшая доля продукции выбранного размерного ряда производится в период с февраля по апрель и в октябре, что дополнительно указывает на эффективность описанных выше периодов. На рис. 6 приведена динамика доли мороженого обезглавленного минтая более 25 см в общем объёме произведённой продукции по группе «рыба мороженная (обезглавленная и потрошённая обезглавленная)» по годам периода, выбранного для анализа. В течение указанного периода доля продукции из минтая раз-

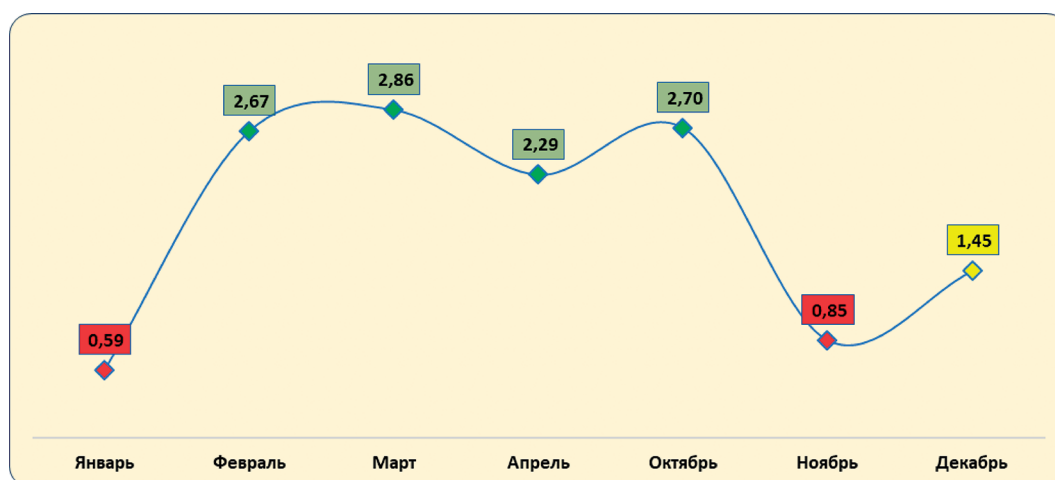


Рис. 5. Усреднённая доля минтая мороженого обезглавленного более 25 см в общем объёме продукции, произведённой из уловов минтая по группе рыба мороженная (обезглавленная, потрошённая обезглавленная) по месяцам, %

Fig. 5. The average proportion of ice cream pollock beheaded more than 25 cm in the total volume of products produced from pollock catches by group of ice cream fish (beheaded, gutted beheaded fish) by months, %

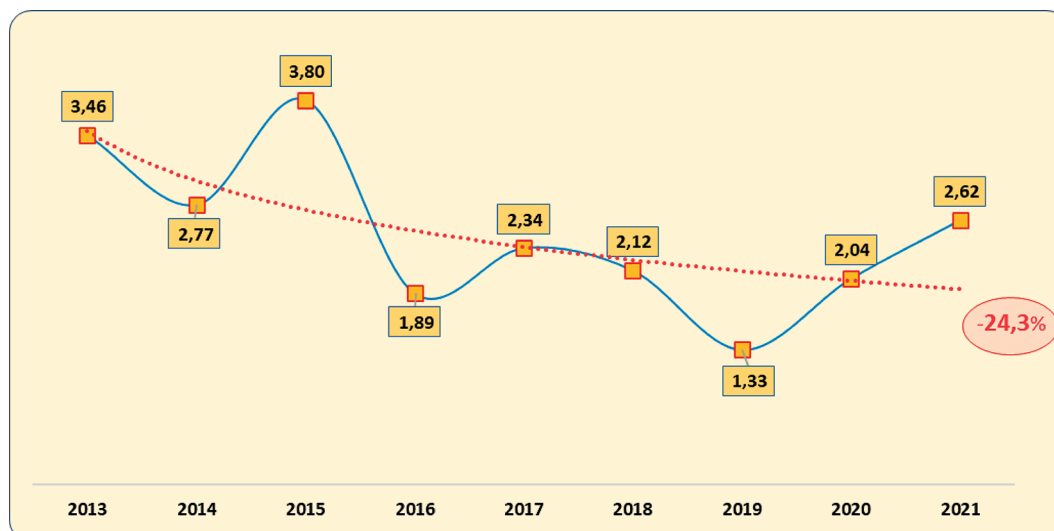


Рис. 6. Динамика годового уровня доли минтая мороженного обезглавленного более 25 см в общем объёме продукции, произведённой из уловов минтая по группе «рыба мороженная (обезглавленная, потрошёная обезглавленная)» в период 2013–2021 гг., %

Fig. 6. The dynamics of the annual level of the share of frozen pollock beheaded more than 25 cm in the total volume of products produced from pollock catches in the group of frozen fish (beheaded, gutted beheaded fish) in the period 2013–2021, %

мером более 25 см сократилась на 24,3% при росте показателя вылова на 21,7%. Такая динамика может быть обусловлена изменением приоритетов на рынке рыбной продукции, росте производства других видов продукции, но возможно это следствие того, что промысел ведётся и в те периоды, когда скопления рыбы разрежены, большая масса крупных особей изъята из среды обитания, и в улове преобладают особи меньших размеров, которые могли бы составлять улов будущих периодов, что также указывает на меньшую экономическую эффективность и уже на некоторые несоответствия экологическому аспекту.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты анализа рассмотренных показателей могут указывать на неоптимальный объём ОДУ, освоение которого требует повышенных затрат и как следствие снижает экономическую эффективность промысла, в том числе при неэффективном использовании различных типов судов с учётом небольших темпов обновления флота. Это влечёт за собой снижение социальной эффективности в виде более высоких цен, а также несбалансированный объём ОДУ может приводить к снижению качества запасов водных биоресурсов.

По мнению авторов полученные результаты можно использовать в качестве основы для формирования предложений по совершенствованию инструментария определения объёма ОДУ с учётом комплексной эффективности. Указанные предложения должны формироваться с учётом таких показателей как: необ-

ходимый объём и перечень продукции для потребления внутри страны, объём запланированного экспорта по видам продукции, затраты на промысловое усилие, социальная значимость, занятость населения, доходы частного капитала.

Одним из предложений по совершенствованию регулирования промысла в рассмотренном варианте может служить рекомендация к снижению ОДУ на величину доли добычи минтая в наименее экономически эффективный период – с октября по январь, который находится на уровне от 16,4 до 21,6%. Это может способствовать снижению затрат на производство и себестоимость продукции. А также может стать дополнительным стимулом для постепенного перемещения точки роста от добывающего сегмента к производственному для производства продукции с высокой степенью переработки.

Другим предложением могут быть рекомендации по использованию определённых типов судов в различные периоды осуществления специализированного промысла. Однако такие рекомендации возможны только при усилении вертикали управления в отрасли, когда возможно будет осуществлять планирование экспедиционного промысла с требуемой расстановкой флота и централизованной организацией обеспечения промысла.

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.

ЛИТЕРАТУРА

- Артеменков Д.В. 2017. К возможности применения биоэкономического подхода в оценке промысла северо-восточной арктической трески (*Gadus morhua*) // «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса». V науч.-практ. конф. молодых учёных с межд. участием. М.: Изд-во ВНИРО. С. 13–17.
- Бородин Р.Г., Ефимов Ю.Н., Васильев Д.А. 2014. Биоэкономическая оптимизация промыслового использования морских биоресурсов // Труды ВНИРО. Т. 149. С. 25–32.
- Варкентин А.И., Сергеева Н.П. 2017. Промысел минтая (*Theragra chalcogramma*) в прикамчатских водах в 2003–2015 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 47. С. 5–45.
- Волошин Г.А., Кричевский С.В. 2014. Регулирование устойчивого развития морского промышленного рыболовства в России. М.: Проблемы и перспективы. 216 с.
- Труба А.С., Курманова А.Х., Дусаева Е.М. 2021. Обеспечение устойчивого развития рыбохозяйственного комплекса России в условиях цифровизации // Вопросы рыболовства. Т. 22. № 3. С. 125–140.
- Колончин К.В., Бетин О.И., Волошин Г.А., Горбунова М.А. 2021. Анализ цен рыбной продукции на внутрироссийском рынке // Труды ВНИРО. Т. 185. С. 113–119.
- Сысоев Н.П. 1977. Экономика рыбной промышленности СССР. М.: Пищевая промышленность. 470 с.
- Шевченко В.В., Датский А.В. 2014. Биоэкономика использования промысловых ресурсов минтая Северной Пацифики. опыт российских и американских рыбопромышленников. М.: ВНИРО. 212 с.
- Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. 1993. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО. 426 с.
- Clark C.W. 1985. Bioeconomic modelling and fisheries management. John Wiley and Sons, New York. 291 p.
- Gerland P., Raftery A.E., Ševčíková H., Li N., Gu D., Spoorenberg T., Alkema L., Fosdick B.K., Chunn J., Lalic N., Bay G., Buettner T., Heilig G.K., Wilmoth J. 2014. World population stabilization unlikely this century // Science. V. 346, N. 6206. P. 234–237. doi:10.1126/science.1257469
- Graham M. 1935. Modern theory of exploiting a fishery and application to North Sea trawling // J. Cons. Int. Explor. Mer. V. 10. P. 264–274.

REFERENCES

- Artemenkov D.V. 2017. To the possibility of applying a bioeconomic approach in assessing the fishery of northeastern Arctic cod (*Gadus morhua*) // «Current problems and prospects for the development of the fisheries complex». V scient.-pract. conf. young scientists with inter. participation. M.: VNIRO Publish. P. 13–17. (In Russ.).
- Borodin R.G., Efimov Yu.N., Vasiliev D.A. 2014. Bioeconomic optimization of commercial use of marine bioresources // Trudy VNIRO. V. 149. P. 25–32. (In Russ.).
- Varkentin A.I., Sergeeva N.P. 2017. Pollock fishery (*Theragra chalcogramma*) in the Kamchatka waters in 2003–2015 // Studies of aquatic biological resources of Kamchatka and the northwestern Pacific Ocean. No. 47. P. 5–45. (In Russ.).
- Voloshin G.A., Krichevsky S.V. 2014. Regulation of sustainable development of marine industrial fisheries in Russia. M.: Problems and prospects. 216 p. (In Russ.).
- Truba A.S., Kurmanova A. Kh., Dusaeva E.M. 2021. Ensuring sustainable development of the fishery complex of Russia in the context of digitalization // Voprosy rybolovstva. V. 22. № 3. P. 125–140. (In Russ.).
- Kolonchin K.V., Betin O.I., Voloshin G.A., Gorbunova M.A. 2021. Analysis of fish prices in the domestic Russian market // Trudy VNIRO. V. 185. P. 113–119. (In Russ.).
- Sysoev N.P. 1977. Economy of the fishing industry of the USSR. M.: Food industry. 470 s. (In Russ.).
- Shevchenko V.V., Datskiy A.V. 2014. Bioeconomic of Northern Pacifica pollock fishing resources utilization experience of Russian and American fishermen. M.: VNIRO Publish. 212 p. (In Russ.).
- Shuntov V.P., Volkov A.F., Temnykh O.S., Dulepova E.P. 1993. Pollock in the ecosystems of the Far Eastern seas. Vladivostok: TINRO Publish. 426 p. (In Russ.).
- Clark C.W. 1985. Bioeconomic modelling and fisheries management. John Wiley and Sons, New York. 291 p.
- Gerland P., Raftery A.E., Ševčíková H., Li N., Gu D., Spoorenberg T., Alkema L., Fosdick B.K., Chunn J., Lalic N., Bay G., Buettner T., Heilig G.K., Wilmoth J. 2014. World population stabilization unlikely this century // Science. V. 346, N. 6206. P. 234–237. doi:10.1126/science.1257469
- Graham M. 1935. Modern theory of exploiting a fishery and application to North Sea trawling // J. Cons. Int. Explor. Mer. V. 10. P. 264–274.

Поступила в редакцию 02.07.2022 г.
Принята после рецензии 04.08.2022 г.