



ISSN 1606-9919

Научный журнал

ИЗВЕСТИЯ ТИНРО

2026. Том 206, вып. 2

Год основания 1928



IZVESTIYA TINRO

Год основания: 1928, под настоящим названием с 1937 г.

Импакт-фактор РИНЦ: 0,825

Периодичность: 4 раза в год

Журнал включен в Перечень ВАК как издание, имеющее переводную версию, которая входит в международные базы данных и системы цитирования (CA(pt), Scopus, Springer, WoS)

СМИ зарегистрировано Роскомнадзором, запись о регистрации ПИ № ФС77-73773 от 21 сентября 2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ 257

Антоненко Д.В., Буслов А.В. О перспективах промысла тунцовых и мечерылоподобных рыб в дальневосточных водах России в условиях потепления северо-западной части Тихого океана 257

Золотов А.О., Буслов А.В. О возможности использования результатов донных траловых съемок для оценки урожайности поколений тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* в юго-западной части Охотского моря и на тихоокеанском шельфе южных Курильских островов 281

Демин А.Н., Борилко О.Ю., Артеменков Д.В., Руднева Е.В. Особенности жизненного цикла и оценка параметров роста *Chionoecetes angulatus* (Decapoda: Oregoniidae) в районе впадины ТИНРО Охотского моря 298

УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ 316

Антоненко Д.В., Новиков Ю.В., Самко Е.В., Устинова Е.И., Басюк Е.О. Влияние аномальных океанологических условий на распределение и промысел дальневосточной сардины в курильских водах в 2025 г. 316

Мощенко А.В. Экологические типы сообществ макрозообентоса залива Петра Великого Японского моря: биологические свойства и номенклатура 331

Глебова С.Ю., Муктепавел Л.С. Синоптические предпосылки и сценарии развития экстремально ледовитых и малоледовитых зим в Охотском море 348

Мотылькова И.В., Коновалова Н.В. Сезонная динамика биомассы фитопланктона побережья Охотского моря у юго-восточного Сахалина ... 365

Кильматов Т.Р., Рудых Н.И. Галинный поток энтропии в океан вследствие пространственной неравномерности распределения разности осадков и испарения 376

СТРАНИЦЫ ПАМЯТИ 385

Воспоминания коллег, друзей и близких об Анатолии Васильевиче Перебейносе (07.03.1950–20.05.2011) 385

CONTENTS

BIOLOGICAL RESOURCES 257

Antonenko D.V., Buslov A.V. On prospects for tunas and billfishes fishing in the Far Eastern waters of Russia in conditions of warming in the northwestern Pacific Ocean 257

Zolotov A.O., Buslov A.V. On possibility of using results of bottom trawl surveys to assess year-class strength for pacific herring *Clupea pallasii* in the southwestern Okhotsk Sea and on the Pacific shelf of southern Kuril Islands 281

Deminov A.N., Borilko O.Yu., Artemenkov D.V., Rudneva E.V. Features of the life cycle and estimates of the growth parameters for *Chionoecetes angulatus* (Decapoda: Oregoniidae) in the TINRO Basin of Okhotsk Sea 298

ENVIRONMENTS OF FISHERIES RESOURCES 316

Antonenko D.V., Novikov Yu.V., Samko E.V., Ustinova E.I., Basyuk E.O. Impact of abnormal oceanographic conditions on distribution and fishery of japanese sardine in Kuril waters in 2025 316

Moshchenko A.V. Ecological types of macrozoobenthic communities in Peter the Great Bay of Japan Sea: biological properties and nomenclature 331

Glebova S.Yu., Muktepavel L.S. Synoptic prerequisites and scenarios for forming the extreme ice rich and low ice winters in the Okhotsk Sea 348

Motylkova I.V., Konovalova N.V. Seasonal dynamics of phytoplankton biomass in the coastal waters of Okhotsk Sea at southeastern Sakhalin 365

Kilmatov T.R., Rudykh N.I. Haline entropy flux into the Ocean due to spatial heterogeneity of the difference precipitation — evaporation 376

SCROLLS OF MEMORY 385

Memories of colleagues, friends, and relatives about Anatoly Vasilievich Perebeinos (March 7, 1950–May 20, 2011) 385

Учредитель:

ГНЦ РФ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»

Издатель:

Тихоокеанский филиал ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»)

Главный редактор — В.П. Шунтов, доктор биологических наук, профессор

Editor-in-chief — Shuntov Vyacheslav Petrovich, Dr. Biol. Sci., chief researcher of Pacific branch of VNIRO (TINRO), Honored Scientist of the RF, Honored Worker of Fisheries of the RF

Редакционная коллегия:

А.А. Байталоук, канд. биол. наук, заместитель директора — руководитель ТИНО; Р.Дж. Бимиш, д-р биол. наук, почетный научный сотрудник Департамента рыболовства и океанов, Канада; И.В. Волвенко, д-р биол. наук, главный научный сотрудник, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН; Дэлин Дуан, д-р биол. наук, проф. Океанологического института экспериментальной морской биологии, Китайская академия наук; Е.П. Дулепова, д-р биол. наук, главный научный сотрудник, ТИНО; О.В. Зеленников, д-р биол. наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет; В.Н. Иванков, д-р биол. наук, проф. ДВФУ; О.А. Иванов, д-р биол. наук, главный научный сотрудник, ТИНО (заместитель главного редактора); Дж. Ирвайн, д-р биол. наук, научный сотрудник Министерства рыболовства и океанов Канады; Н.В. Колпаков, д-р биол. наук, руководитель СахНИРО (заместитель главного редактора); Ли Вэй, д-р биол. наук, проф. Колледж продовольственных исследований и инженерии, Университет океана, Далянь, Китай; В.А. Лучин, д-р геогр. наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «ТОИ ДВО РАН»; О.Я. Мезенова, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой ФГБОУ ВПО «КГТУ»; Д. Морисита, д-р биол. наук, Советник министра, Министерство сельского хозяйства, лесного хозяйства и рыболовства Японии; А.М. Орлов, д-р биол. наук, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН; Е.А. Пахомов, канд. биол. наук, профессор университета Британской Колумбии, профессор Института океанов и рыболовства, Ванкувер, Канада; Р. Рикашевски, д-р геогр. наук, руководитель научных исследований в области морского хозяйства, Научно-исследовательский центр рыболовства тихоокеанских островов NOAA, США; Г. Руггерон, д-р биол. наук, почетный ученый, изучающий лосось, Вашингтонский университет, факультет водных и рыбных наук, США; Т.Н. Слуцкая, д-р техн. наук, проф., главный научный сотрудник, ТИНО; профессор, Дальрыбвтуз; Н.С. Самойлова, начальник отдела издательство, ТИНО (ответственный секретарь)

Editorial board:

Baitalyuk Aleksei A., deputy head of VNIRO — head of Pacific branch of VNIRO (TINRO), Vladivostok, Russia; Beamish Richard J., Emeritus Scientist at Fisheries and Oceans Canada; Volvenko Igor V., chief researcher, A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS; Delin Duan, Professor at Experimental Marine Biology Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences; Dulepova Elena P., chief researcher (TINRO); Oleg V. Zelennikov, assistant professor, St. Petersburg State University; Ivankov Vyacheslav N., Professor at Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia; Ivanov Oleg A., chief researcher (TINRO) (Deputy Chief Editor); Irvine James P., research scientist at Fisheries and Oceans Canada, Pacific Biological Station; Kolpakov Nikolai V., head of Sakhalin branch of VNIRO (SakhNIRO), Russia (Deputy Chief Editor); Li Wei, Professor at College of Food Science and Engineering, Ocean University of China, Dalian, China; Luchin Vladimir A., leading researcher at Pacific Oceanological Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia; Mezenova Olga Y., Professor, head of chair at Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia; Morishita Joji, Advisor to the Minister, Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Japan; Orlov Aleksei M., chief researcher, head of laboratory at P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS; Pakhomov Evgeny A., Professor at University of British Columbia, Professor of Institute for the Oceans and Fisheries, Canada; Rykaczewski Ryan, Supervisory Research Marine Scientist, NOAA Pacific Islands Fisheries Science Center, USA; Ruggerone Gregory T., emeritus salmon scientist, University of Washington, School of Aquatic and Fishery Sciences, U.S.A.; Slutskaya Tatyana N., Professor, chief researcher (TINRO), Professor at Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia; Samoylova Nina S., Head of Publishing Department (TINRO) (Executive Secretary)

Адрес учредителя:

105187, г. Москва, проезд Окружной, дом 19

Адрес издателя:

690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

Адрес редакции:

690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

Телефон: (423) 2400-509

Факс: (423) 2300751

e-mail: izvestiya@tinro.vniro.ru

Сайт: <http://izvestiya.tinro-center.ru>

Том к печати подготовили:

начальник издательства Н.С. Самойлова

редакторы С.О. Шумкова, А.А. Ваккер

корректор О.Н. Мишина

переводчики Ю.И. Зуенко, Е.П. Швецов

компьютерная верстка О.В. Степановой

Подписано в печать 15.06.2026 г. Формат 70х108/16.

Печ. л. 8,25. Уч.-изд. л. 7,7. Тираж 50 экз.

Заказ № 6. Цена 660 р.

Выход тома в свет 25.06.2026 г.

Отпечатано в издательстве ТИНО

690091, Владивосток, ул. Западная, 10

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ
BIOLOGICAL RESOURCES**

Научная статья

УДК [639.227.4:551.5]/(265.5)**DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-257-280****EDN: RCQDDS****О ПЕРСПЕКТИВАХ ПРОМЫСЛА ТУНЦОВЫХ
И МЕЧЕРЫЛОПОДОБНЫХ РЫБ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ
ВОДАХ РОССИИ В УСЛОВИЯХ ПОТЕПЛЕНИЯ
СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА****Д.В. Антоненко, А.В. Буслов***Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

Аннотация. Приводятся краткое описание тунцовых и мечерылоподобных рыб, встречающихся в дальневосточных водах России, современное состояние их запасов и вылов в северо-западной части Тихого океана. Показано, что наиболее массовые и перспективные для промысла — голубой и полосатый тунцы. Остальные тунцовые и мечерылоподобные рыбы из-за особенностей распределения в дальневосточных водах России наблюдаются эпизодически и нерегулярно. Заходы тунцовых рыб в российские воды у южных Курильских островов, южного Приморья и южного Сахалина начинаются в июне и заканчиваются в ноябре, однако наиболее благоприятный период промысла — июль–октябрь. Основные факторы, влияющие на распределение тунцовых и мечерылоподобных рыб в дальневосточных водах России, — это потепление поверхностных вод и высокая численность сардины иваси, скумбрии и анчоуса.

Ключевые слова: тунцы, мечерылоподобные рыбы, нагульные миграции, северо-западная часть Тихого океана, температура поверхности океана

Для цитирования: Антоненко Д.В., Буслов А.В. О перспективах промысла тунцовых и мечерылоподобных рыб в дальневосточных водах России в условиях потепления северо-западной части Тихого океана // Изв. ТИНРО. — 2026. — Т. 206, вып. 2. — С. 257–280. DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-257-280. EDN: RCQDDS.

Original article

**On prospects for tunas and billfishes fishing in the Far Eastern waters of Russia
in conditions of warming in the northwestern Pacific Ocean****Dmitry V. Antonenko*, Aleksandr V. Buslov****

*, ** Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia

* Ph.D., head of sector, dmitrii.antonenko@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0001-6926-757X

** Ph.D., deputy head, aleksandr.buslov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-4800-5666

* Антоненко Дмитрий Валерьевич, кандидат биологических наук, заведующий сектором, dmitrii.antonenko@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0001-6926-757X; Буслов Александр Вячеславович, кандидат биологических наук, заместитель руководителя филиала, aleksandr.buslov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-4800-5666.

Abstract. Findings of tuna and billfish species in the Far Eastern waters of Russia are overviewed and current status of their stocks and fishery is described briefly. These species invasion to the Russian waters is caused mainly by increased warming of the sea surface layer and active migrations of sardine, mackerel, and anchovy. Most of these species are encountered sporadically and irregularly due to patterns of their distribution, but bluefin and skipjack tuna are rather abundant, with prospects for commercial fishing. Their migrations in search for food in the waters at southern Kuril Islands, southern Primorye and southern Sakhalin begin in June and last until November, the most favorable season for fishery is July-October.

Keywords: tuna, billfish, feeding migration, North-West Pacific, sea surface temperature

For citation: Antonenko D.V., Buslov A.V. On prospects for tunas and billfishes fishing in the Far Eastern waters of Russia in conditions of warming in the northwestern Pacific Ocean, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2026, vol. 206, no. 2, pp. 257–280. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-257-280. EDN: RCQDDS.

Введение

Тунцы относятся к числу ценнейших промысловых рыб и наиболее распространенных ресурсов Мирового океана. Тунцовый промысел является одним из важных направлений мирового морского рыболовства и высокорентабельным видом океанического промысла. По объемам добычи промысел тунцов занимает третье место в мире после анчоусов и минтая*.

Промысел тунцов в Тихом океане сосредоточен преимущественно в западной и центральной частях. На долю этого региона ежегодно приходится около 70 % объема его вылова. Наиболее распространенным способом промысла в указанных водах является кошелевый (общий вылов кошельковых сейнеров превышает 70 %) [Белкин, 2007].

Масштабное освоение отечественными рыбаками тунцового промысла началось в 1960-е гг. и было обусловлено проведением специализированных научно-исследовательских и рыбопоисковых экспедиций в Атлантическом, Тихом и Индийском океанах. В 1980-е гг. российские (советские) рыбаки успешно ловили тунцов во всех океанах вплоть до середины 1990-х гг. С развалом СССР прекратилось и развитие российского тунцового промысла. В первой половине 1990-х гг. почти все российские крупнотоннажные тунцеловные сейнеры были проданы иностранным компаниям*.

По сравнению с европейскими странами и США, где тунцы являются одними из основных используемых в пищу рыб, потребление тунцов в России незначительно, но имеет постоянную тенденцию к увеличению. В условиях отсутствия поставок тунцов от российских рыбодобывающих компаний российские перерабатывающие предприятия, производящие консервы из тунца, находятся в полной сырьевой зависимости от иностранных компаний. Большинство консервированной продукции из тунца, потребляемой в России, производится компаниями Юго-Восточной Азии, которые рассматривают российский рынок как один из наиболее перспективных**.

В последние годы отмечается значительное потепление поверхностных вод в северо-западной части Японского моря и у южных Курильских островов [Новиков и др., 2024], что способствует массовым заходам рыб — южных мигрантов на нагул. К ним относятся тунцовые и мечерылоподобные рыбы, которые регулярно встречаются как прилов при промысле сардины и скумбрии, заходят в ставные орудия лова, попадают на удебные снасти рыбаков-любителей [Великанов, 2024].

* Еремеев В.В. Перспективы развития глобальной тунцовой индустрии и возможности развития российской тунцовой отрасли. <https://csef.ru/ru/politica-i-geopolitica/510/perspektivy-razvitiya-globalnoj-tunczovoj-industrii-i-vozmozhnosti-razvitiya-rossijskoj-tunczovoj-otrasli-8943>; <https://doi.org/10.4060/ca9229en>.

** Маркетинговое исследование мирового рынка консервированного тунца. Vigor Consult, 2026. <https://vigorconsult.ru/about/keysyi/marketingovoe-issledovanie-mirovogo-ryinka-konservirovannogo-tuntsa>.

Цель настоящей работы — оценить перспективы промысла тунцовых и мечерылоподобных рыб в дальневосточных водах России в связи со значительными климато-океанологическими изменениями в северо-западной части Тихого океана.

Материалы и методы

В основу работы положены материалы экспедиционных морских исследований и промысловой статистики в тихоокеанских водах Курильских островов, в северо-западной части Японского моря и у берегов западного Сахалина; данные о поимках тунцов в северо-западной части Тихого океана, полученные в ходе проведения комплексных экспедиций на научно-исследовательских и промысловых судах, а также из уловов рыбаков-любителей.

Оценку положения промысловых районов и эффективность промысла тунцовых и мечерылоподобных рыб проводили по результатам промысловой статистики за 1980–1990 и в 2016–2024 гг. в северо-западной части Тихого океана — по сведениям судовых суточных донесений (ССД) и позиций судов Отраслевой системы мониторинга Росрыболовства. Из ССД использовались координаты добывающего судна, где проходил лов в течение суток, и суточный вылов. Массив данных за путину обрабатывался, и на его основе строили карты распределения промысловых районов.

Информация о размерно-весовых характеристиках тунцов получена из учетных траловых съемок и любительских уловов, добытых способом троллинга. Всего было промерено из прикурильских вод 64 экз. полосатого тунца; голубого тунца из южного Приморья — 52 экз., юго-западного Сахалина — 79 экз., юго-восточного Сахалина — 44 экз.

Результаты и их обсуждение

Видовой состав тунцовых и мечерылоподобных рыб, заходящих в российские воды дальневосточных морей и Тихого океана

Тунцы — группа рыб семейства скумбриевых (Scombridae), в котором они образуют трибу Thunnini, включающую 15 видов, принадлежащих к 5 родам. К тунцовым рыбам также мы отнесли бонито (триба Sardini) и королевских или испанских макрелей (триба Scomberomorini). Представители надсемейства мечерылоподобных (Xiphiioidea) — крупные хищные морские рыбы, к которым в настоящее время причислены виды семейств марлиновых, или парусниковых (Istiophoridae), и мечерылых (Xiphiidae) отряда ставридообразных (Carangiformes) [Линдберг, 1971; Fricke et al., 2026*]. Хотя марлиновые и мечерылые не относятся систематически к скумбриевым, однако благодаря схожему образу жизни, распространению и температурным предпочтениям они нередко нагуливаются в одних и тех же районах.

Северо-западная часть Японского, южная часть Охотского морей и тихоокеанские воды Курильских островов являются северной границей области распространения тунцовых и других крупных пелагических рыб в нагульный период, когда поверхностные воды прогреваются и становятся благоприятными для теплолюбивых мигрантов. Подходы тунцовых, марлиновых и мечерылых рыб в воды Приморья, южного Сахалина и южных Курильских островов отмечаются ежегодно, однако они значительно варьируют в разные периоды по численности и видовому составу. По данным многолетних научно-исследовательских работ, промысловой статистики и литературных источников в водах ИЭЗ России в северо-западной части Тихого океана в теплый период года встречаются следующие тунцовые и мечерылоподобные рыбы.

1. Тихоокеанский голубой (восточный, синеперый) тунец *Thunnus orientalis* (Temminck and Schlegel, 1844) [Collette et al., 2001; Fricke et al., 2026*] — крупная пе-

* Fricke R., Eschmeyer W.N. and Van der Laan R. (eds). Eschmeyer's catalog of fishes: genera, species, references. 2026. <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>).

лагическая рыба, достигает длины 350 см и массы до 700 кг. В Тихом океане обитает в субтропических и умеренных водах, в течение года совершает протяженные миграции. С прогревом поверхностных вод на нагул заходит в воды Приморья, южного Сахалина и южных Курильских островов [Парин, 1967; Лидберг, Красюкова, 1975, Соколовский и др., 2011]. Это стайная рыба, нередко встречающаяся большими косяками, стаи состоят обычно из одноразмерных особей. По имеющимся данным, голубой тунец значительно теснее связан с неритическими водами, чем другие представители рода *Thunnus*. Все районы массовой встречаемости (а в соответствии с этим и места промысла) находятся в прибрежных областях [Парин, 1967], при этом он совершает транстихоокеанские миграции из западной части в восточную и обратно [Fujioka et al., 2018].

Голубой тунец обитает при температуре 13–21 °С, в промысловых количествах встречается при 15–21 °С и образует наиболее плотные концентрации, оптимальные для рыболовства, при 18–20 °С. По другим данным, этот вид наблюдается в значительно более широком диапазоне температур: в северо-восточной части Тихого океана — при 13,9–24,5 °С, в юго-западной — при 10,9–21,0 °С, а в северо-западной — при 13,0–18,0 °С и даже при 6–25 °С [Парин, 1967]. Голубой тунец наиболее эвритермный представитель рода *Thunnus*, тяготеющий к достаточно низким для тунцов температурам воды. Последние исследования с использованием электронных меток показали, что взрослые особи голубого тунца предпочитают держаться в умеренных водах, заходя в субтропики для нереста. Совершает вертикальные миграции для терморегуляции и поиска пищи на глубину более 1000 м [Fujioka et al., 2025].

Нерестится в теплых водах северо-западной части Тихого океана у островов Японии и Филиппин. Один из немногих видов тунцов, который нерестится в Японском море, здесь же нагуливается его молодь [Fujioka et al., 2021, 2025].

Общий запас голубого тунца в Тихом океане в последние годы оценивается на уровне 150 тыс. т при среднем значении за последние 70 лет — 89 тыс. т, что свидетельствует о том, что уровень запаса не вызывает опасений. В прошлом популяция тихоокеанского голубого тунца была сильно переловлена (1980–1990-е гг.), однако в настоящее время благодаря ограничениям промысла восстановилась [Sekiya, 2017]. Общий вылов голубого тунца в Тихом океане в последние годы варьировал от 14 до 29 тыс. т. В 2023 г. вылов составил 18,2 тыс. т, что на 3 % больше вылова 2022 г. Значительная доля улова (71 %) принадлежит западной части Тихого океана. Около 52 % улова приходится на кошельковые невода, за которыми следуют различные орудия лова, такие как прибрежные ставные сети, троллинг (29 %) и ярусный лов (18 %)*.

2. Желтоперый (желтохвостый) тунец *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788) [Collette et al., 2001; Fricke et al., 2026**] — стайная рыба, обитающая обычно в открытом океане, но отмечается и в неретических водах. Встречается в основном при океанической солености и температуре воды 18–31 °С [Парин, 1967], некоторые авторы приводят диапазон обитания 15–31 °С [Нгуен, Бухарицин, 2015], а наиболее благоприятные условия — в пределах 20–28 °С. Районы скоплений *Th. albacares* приурочены к водам с высокой биологической продуктивностью, где концентрируются кормовые объекты. Обитает в поверхностном слое воды, но концентрируется и в более глубоких слоях на глубинах до 250 м (глубина термоклина), где, как правило, и осуществляется его ярусный лов [Нгуен, Бухарицин, 2015].

Распространен в Тихом, Индийском и Атлантическом океанах повсеместно от экватора до примерно 45° северной и южной широты [Vincent et al., 2020]. В Японском море известен от западного побережья Хоккайдо на юг, отмечены поимки в водах южных Курильских островов [Лидберг, Красюкова, 1975; Карякин, 2009; Великанов, 2024].

* Status of the world fisheries for tuna. Nov. ISSF Technical Report 2024-07. Pittsburgh, PA, USA: International Seafood Sustainability Foundation, 2024. 124 p.

** Fricke R., Eschmeyer W.N. and Van der Laan R. (eds). Eschmeyer's catalog of fishes..., 2026.

Желтоперый тунец является важной составляющей тунцевого промысла в центральной и западной частях Тихого океана. Его добывают с использованием самых разнообразных орудий лова, от мелкомасштабного кустарного рыболовства на островах Тихого океана и в водах Юго-Восточной Азии до крупных океанических ярусных и кошельковых сейнеров, широко используемых в экваториальных и тропических водах. Кошельковые сейнеры ловят желтоперого тунца самых разных размеров, однако в уловах преобладают более мелкие особи, в то время как ярусный промысел в основном предполагает лов более крупных взрослых особей [Vincent et al., 2020].

Вылов желтоперого тунца в западной и центральной частях Тихого океана в 2023 г. составил 737,4 тыс. т, что на 8 % больше, чем в 2022 г. Основным орудием лова является кошельковый невод (55 % улова), 31 % улова приходится на ряд смешанных орудий лова на Филиппинах и в Индонезии, а 11 % — на ярусоловные суда. Запасы желтоперого тунца в западной и центральной частях Тихого океана не подвергаются перелову*.

3. Большеглазый тунец *Thunnus obesus* (Lowe, 1839) [Collette et al., 2001; Fricke et al., 2026**] — типичная океаническая рыба, редко заходящая в прибрежные воды. Этот вид встречается в широком диапазоне температур — от 11 до 28 °С, наиболее обычная — 18–22 °С; в Тихом океане *Th. obesus* отмечался при температуре 13,3–28,9 °С. Результаты наблюдений за большеглазым тунцом на Гавайях показали, что в течение дня распределение взрослых рыб тесно связано с изотермой 15 °С, ночью рыба поднимается в более теплые воды — на глубину 50 м [Нгуен, Бухарицин, 2015]. Большеглазый тунец ловится как в поверхностных, так и в глубоких слоях воды (ярусный промысел производится до глубины 130 м). При этом у поверхности держатся в основном более мелкие неполовозрелые рыбы, нередко образующие довольно плотные стаи; крупные тунцы населяют более глубокие горизонты и ведут, по-видимому, одиночный образ жизни. Большеглазым тунцам присущи суточные вертикальные миграции, ночью они встречаются ближе к поверхности, чем в дневное время [Парин, 1967]. Колебания встречаемости и численности тесно связаны с сезонными и климатическими изменениями температуры поверхностных вод и расположением термоклина.

Большеглазый тунец широко представлен в тропических и субтропических водах Мирового океана. В Тихом океане распространен в широком поясе, ограниченном примерно 40° с.ш. и 30° ю.ш. В Японском море не встречен. Отмечены поимки у южных Курильских островов [Линдберг, Красюкова, 1975; Великанов, 2024].

Большеглазый тунец добывается главным образом плавными тунцевыми ярусами и кошельковыми неводами. Используется также удебный лов мелких тунцов у поверхности океана. *Th. obesus* встречается в ярусных уловах на всем протяжении ареала, однако основными районами промысла, в которых добывается более одной рыбы этого вида на 100 крючков снасти, являются центральная часть Тихого океана, 25–35° с.ш. и 145–180° з.д., и экваториальная зона, между 0 и 13° с.ш. в западной и центральной частях океана и между 0 и 10° ю.ш. в восточной его части.

Вылов большеглазого тунца в западной и центральной частях Тихого океана (ЗЦТО) в 2023 г. составил 133,7 тыс. т, что на 7 % меньше, чем в 2022 г. Основные орудия лова — кошельковый невод и ярусный лов (средние показатели за 5 лет составляют соответственно 44 и 39 %). Вылов другими орудиями лова незначительный, но в последние годы увеличивается. Средняя оценка максимального допустимого вылова (MSY) большеглазого тунца в ЗЦТО составляет 164,6 тыс. т. Вылов в последние годы был ниже оценочного MSY*.

4. Длинноперый (белый, длиннокрылый, альбакор) тунец *Thunnus alalunga* (Bonnaterre, 1788) [Collette et al., 2001; Fricke et al., 2026**] — стайная рыба открытого океана, редко появляющаяся в прибрежных водах. Этот тунец встречается лишь при океанической солености, но в широком диапазоне температур — от 12–14 до 23 °С, предпочитаемая для нагула температура — 14–21 °С, а температуру 9,5 °С может переносить в

* Status of the world fisheries for tuna, 2024.

** Fricke R., Eschmeyer W.N. and Van der Laan R. (eds). Eschmeyer's catalog of fishes..., 2026.

течение короткого периода [Парин, 1967; Nikolic et al., 2017; <https://www.iucnredlist.org>]. В Тихом океане длинноперый тунец распространен в тропических, субтропических и умеренноводных районах, но весьма редок в экваториальной зоне. Умеренные воды (в частности, субарктические воды северной части Тихого океана) являются нагульными районами длинноперого тунца. В летние месяцы неполовозрелые рыбы (в возрасте 2–5 лет) могут заходить далеко на север, проникая даже в Аляскинский залив. В этот период *Th. alalunga* держится исключительно в верхнем, наиболее прогретом слое воды (до нижней границы термоклина), причем лучшие промысловые скопления в восточной части океана наблюдаются при температуре 14,4–16,1 °С, а в его западной части — при температуре 16,0–22,8 °С [Парин, 1967]. Нагульные скопления приурочены к наиболее продуктивным районам океана, которые в значительной степени определяются положением гидрологических фронтов. Половозрелые особи встречаются преимущественно в тропических водах, где они придерживаются подповерхностных слоев.

В Японском море длинноперый тунец редок, отмечены поимки в южной части Охотского моря и в водах южных и даже северных Курильских островов [Линдберг, Красюкова, 1975; Великанов, 2024].

Уловы длинноперого тунца в северной части Тихого океана были в последние годы на уровне 30–50 тыс. т. В 2023 г. вылов составил около 34 тыс. т, что на 31 % меньше, чем в 2022 г. Примерно 77 % вылова приходится на западную часть Тихого океана, 23 % — на восточную. Основными способами лова являются ярусный (45 %) и удебный (31 %), за которыми следует троллинг (19 %). Уловы при ярусном лове демонстрируют тенденцию к снижению с 1999 г.* Основные районы промысла длинноперого тунца в северной части Тихого океана расположены в районе Японии и Калифорнии и в центральной части океана. В западной части Тихого океана — район японского ярусного промысла между побережьем Японии и 175° з.д. и между 30 и 40° с.ш. Район японского удебного промысла у берегов Хонсю (на восток до 160–165° в.д.).

В настоящее время запасы длинноперого тунца в северной части Тихого океана не подвержены перелову. Однако увеличение промысловых усилий вряд ли приведет к увеличению вылова*.

5. Длиннохвостый тунец *Thunnus tonggol* (Bleeker, 1851) [Collette et al., 2001; Fricke et al., 2026**] — важный в промысловом отношении вид в тропических и субтропических районах Индо-Пацифики, встречающийся между 47° с.ш. и 33° ю.ш. В пределах своего широкого географического ареала длиннохвостый тунец имеет уникальное распространение по сравнению с другими видами рода *Thunnus*, поскольку он занимает почти исключительно неритическую зону вблизи материков и островов и редко встречается далеко от берега. Совершает сезонные миграции в районы нагула и нереста. Было установлено, что длиннохвостый тунец обитает в водах с температурой 17–30 °С, комфортный диапазон температуры для взрослых особей составляет 18–22 °С. По сравнению с остальными представителями рода *Thunnus* длиннохвостый тунец некрупная рыба, он достигает максимальной массы 35,9 кг и общей длины 145 см [Griffiths et al., 2020].

В Тихом океане длиннохвостый тунец встречается у берегов Австралии, в водах Малайского архипелага, в Южно-Китайском и Восточно-Китайском морях, у берегов Японии как с тихоокеанской, так и с япономорской стороны, отмечен у южных Курильских островов, в периоды гидрологического потепления возможны подходы в воды Приморья и западного Сахалина. В западной части Японского моря у берегов японских островов отмечены районы нереста длиннохвостого тунца [Линдберг, Красюкова, 1975; Mohri et al., 2009; Griffiths et al., 2020].

Из-за своего преимущественно прибрежного распространения длиннохвостый тунец вылавливается, как правило, небольшими судами как минимум в 21 стране в основном с использованием кошельковых неводов, жаберных сетей и крючков (например, троллинг),

* Status of the world fisheries for tuna, 2024.

** Fricke R., Eschmeyer W.N. and Van der Laan R. (eds). Eschmeyer's catalog of fishes..., 2026.

а также различных других, менее распространенных методов, включая береговые неводы и ставные сети. В уловах преобладают рыбы длиной менее 50 см. Начиная с 1950-х гг. общий вылов длиннохвостого тунца увеличивался вплоть до конца 1990-х гг., а с 2002 г. резко ускорился, превысив 208 тыс. т в год и достигнув пика в 291 тыс. т в 2007 г. После 2015 г. вылов длиннохвостого тунца колеблется в пределах от 200 до 250 тыс. т. В западной части Тихого океана вылов находится на уровне 100–140 тыс. т [Griffiths et al., 2020].

В настоящее время запасы длиннохвостого тунца в западной части Тихого океана не подвергаются перелову. С 2015 г. объемы вылова остаются ниже прогнозируемых максимально допустимых уловов (MSY) [<https://www.iucnredlist.org>].

6. Полосатый тунец (бонито, скипджек) *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) [Collette et al., 2001; Fricke et al., 2026*] — стайная пелагическая рыба. Достигает длины до 100 см и массы 25 кг. В уловах преобладают особи длиной 50–60 см и массой 3–5 кг. Обитает в поверхностных горизонтах, образуя значительные по площади скопления. Такие скопления полосатого тунца наблюдаются в Тихом океане восточнее Японии при температуре поверхностных вод от 19 до 25 °C, а иногда и при 15–17 °C. Плотные косяки полосатого тунца, как правило, формируются из сходных по размеру рыб, обладающих равными способностями к активному передвижению. Нерест происходит только в тропических водах и продолжается в течение всего года [Соколовский и др., 2011].

Полосатый тунец населяет тропические и субтропические воды всех океанов. Встречается в Японском море у берегов Японии, иногда заходит в воды южного Приморья. В водах южных Курильских островов отмечается как прилов при промысле сардины, скумбрии, кальмара Бартрама [Линдберг, Красюкова, 1975; Карякин, 2009; Соколовский и др., 2011; Великанов, 2024].

Запасы полосатого тунца в западной части Тихого океана обеспечивают крупнейший в мире промысел тунца, который составляет 35 % мирового вылова. Улов в 2023 г. составил 1 619 тыс. т, что на 6 % меньше, чем в 2022 г. Вылов кошельковыми неводами, на долю которых приходится 83 %, неуклонно рос в течение последних трех десятилетий. В отличие от этого вылов крючковыми снастями (около 8 %) сокращается с середины 1980-х гг. Запасы полосатого тунца в западной части Тихого океана в настоящее время находятся на стабильном уровне и не подвергаются перелову**.

7. Макрелевый тунец (макрель-фрегат) *Auxis thazard* (Lacepède, 1800) [Collette et al., 2001; Fricke et al., 2026*] — стайная пелагическая рыба, уступающая по своим размерам всем другим тунцам. Достигает длины 60 см и массы 5 кг. В уловах преобладают особи длиной 30–40 см и массой до 700 г. Обитает в прибрежных, хорошо прогретых водах. Держится в поверхностных горизонтах. Часто встречается вместе с полосатым тунцом. Может находиться вместе с косяками крупной скумбрии. Известно, что минимальная температура встречаемости данного вида 12 °C, хотя предпочитаемые температуры выше — от 16 до 25 °C [Fitch, Roedel, 1963; Соколовский и др., 2011].

Макрелевый тунец обитает в субтропических и тропических водах всех океанов. Распределяется преимущественно в прибрежных районах, совершает сезонные миграции. Встречается вдоль побережья Японии как со стороны Японского моря, так и с тихоокеанской стороны. В водах южного Приморья редок, заходит в воды южных Курильских островов с прогревом поверхностных вод, в Охотском море — у восточного Сахалина [Fitch, Roedel, 1963; Линдберг, Красюкова, 1975; Савиных и др., 2003; Соколовский и др., 2011; Великанов, 2024].

В пищевом отношении менее ценен, чем другие виды тунцов, современный уровень запасов недоиспользуется, угрозы перелова нет. В связи с тем что макрелевый тунец в основном добывается прибрежными рыболовными хозяйствами и в качестве прилова при промысле других пелагических рыб, точной статистики вылова нет [Соколовский и др., 2011; <https://www.iucnredlist.org>].

* Fricke R., Eschmeyer W.N. and Van der Laan R. (eds). Eschmeyer's catalog of fishes..., 2026.

** Status of the world fisheries for tuna, 2024.

8. Мелкопятнистая макрель (японская королевская макрель, савара) *Scomberomorus niphonius* (Cuvier, 1832) [Collette et al., 2001; Fricke et al., 2026*] — субтропический западнотихоокеанский вид. Обитает в теплых и умеренных водах Японского, Желтого, Восточно-Китайского морей. Это достаточно крупная пелагическая рыба прибрежных вод, достигает длины более 100 см и массы до 10 кг. Придерживается вод с температурой 15–25 °С. Нерест у берегов Японии [Линдберг, Красюкова, 1975; Соколовский и др., 2011]. Температура поверхностных слоев воды является одним из главных факторов, которые критически влияют на распределение и миграции, а также динамику численности мелкопятнистой макрели. В последние годы в связи с потеплением в северо-западной части Тихого океана отмечается смещение районов нагула и нереста *S. niphonius* на север [Yang et al., 2022].

В Японском море встречается у побережья Японии от о. Хоккайдо на юг, у берегов Республики Корея. Отмечен в зал. Петра Великого. С тихоокеанской стороны — в водах южных Курильских островов и вдоль побережья Японии [Линдберг, Красюкова, 1975; Collette, 2003; Соколовский и др., 2011].

Мелкопятнистая макрель — важный объект рыболовства в водах Китая, Тайваня, Южной Кореи и Японии. С 1950-х гг. *S. niphonius* активно эксплуатируется. В 1999 г. добыча в Китае, Японии и Южной Корее составила 589 тыс. т, что стало самым высоким показателем в истории. В настоящее время ежегодный улов превышает 400 тыс. т [Sun et al., 2022].

Из-за активной эксплуатации рыболовством и изменений климата в последнее десятилетие в северо-западной части Тихого океана, которые негативно влияют на воспроизводство, популяция мелкопятнистой макрели сокращается [<https://www.iucnredlist.org>].

9. Восточная пелагида (полосатая бонита) *Sarda orientalis* (Temminck & Schlegel, 1844) [Collette et al., 2001; Fricke et al., 2026*] — пелагическая рыба, достигающая длины 100 см и массы более 7 кг. Обычная длина рыб в уловах не превышает 60–65 см, а масса 3–4 кг. Обитает преимущественно в пределах материкового шельфа. Ведет стайный образ жизни. Нерестится в водах субтропиков в мае-июне. В период нагула совершает протяженные миграции из южных районов в умеренно теплые воды [Соколовский и др., 2011]. Для восточной пелагиды указывается общий температурный диапазон обитания от 12 до 25 °С, а температура поверхности в районах промысла — 15–22 °С [Yoshida, 1980].

Восточная пелагида широко распространена в прибрежных тропических и субтропических водах Индо-Тихоокеанского региона. Отмечена в тихоокеанских водах южных Курильских островов [Савиных и др., 2003]. В Японском море встречается у берегов Японии, заходит в небольших количествах в воды южного Приморья [Collette, 2003; Соколовский и др., 2011].

Восточная пелагида является объектом промысла. Ее ловят неводами, дрифтерными сетями и крючковыми орудиями лова. Большая часть зарегистрированных уловов (около 93 %) приходится на кошельковые невода. В связи с тем что пелагида вылавливается преимущественно как прилов к другим тунцовым рыбам, статистика вылова фактически отсутствует. В настоящее время запасы восточной пелагиды не подвержены перелову [<https://www.iucnredlist.org>].

10. Меч-рыба *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758 [Fricke et al., 2026*] — крупная пелагическая рыба, достигающая длины 600 см и массы более 600 кг. Распространена в тропических, субтропических и умеренных водах всех океанов. В Тихом океане встречается между широтами 50° с.ш. и 50° ю.ш. Является типичным представителем рыб открытых вод, но обитает и в прибрежных районах. Совершает протяженные миграции, перемещаясь летом на нагул в умеренные и холодные воды и возвращаясь осенью на зимовку в теплые воды. Меч-рыбы ведут одиночный образ жизни и редко собираются в стаи [Palko et al., 1981; Brodziak, Ishimura, 2010]. Эти рыбы повышают температуру в области головы с помощью специализированной глазной мышцы, известной как орган нагревания. Эта теплогенерирующая ткань позволяет им выдерживать значительные

* Fricke R., Eschmeyer W.N. and Van der Laan R. (eds). Eschmeyer's catalog of fishes..., 2026.

температурные градиенты [Reeb et al., 2000]. Меч-рыба совершает суточные вертикальные миграции в поисках добычи, диапазон температур и глубин для помеченных рыб в северной части Тихого океана составлял 3,2–28,8 °C и 0–1227 м. На основе данных о кормовых организмах, которыми питается меч-рыба, ее распределение по глубинам в западной части северного Тихого океана обычно колеблется от поверхности до глубины около 550 м, но имеются данные о глубинах до 2878 м. Несмотря на широкий температурный диапазон обитания, меч-рыбы предпочитают воды с температурой не ниже 13 °C выше термоклина [<https://www.iucnredlist.org>].

В Японском море отмечена в зал. Петра Великого, у побережья п-ова Корея, у берегов Японии. Встречается в водах Курильских островов, в южной части Охотского моря [Линдберг, Красюкова, 1975; Соколовский и др., 2011].

Меч-рыба — ценный промысловый вид как в промышленном, так и в любительском рыболовстве. В северной части Тихого океана годовой общий улов колебался в районе 15 тыс. т с 2001 по 2009 г. Большая часть улова добывается ярусоловными судами Японии, Тайваня и США, на долю которых в 2005 г. приходилось 95 % общего вылова в северной части Тихого океана [Brodziak, Ishimura, 2010]. В последние годы вылов сократился и варьирует в пределах от 10 до 12 тыс. т. Оценки запасов, проводимые в северной части Тихого океана, показывают, что современный запас меч-рыбы не подвержен перелову [Brodziak, Ishimura, 2010; <https://www.iucnredlist.org>].

11. Полосатый (марлин) копыносец *Kajikia audax* (Philippi, 1887) [Fricke et al., 2026*] — крупная пелагическая рыба, ее ареал простирается от экваториальных до умеренных вод Тихого и Индийского океанов, при этом наибольшие уловы наблюдаются в субэкваториальных и субтропических районах, особенно в Тихом океане. Большинство уловов полосатого марлина регистрируются в поверхностных водах (глубиной менее 100 м). Результаты мечения показывают, что полосатый марлин проводит большую часть времени в поверхностных водах (глубиной менее 10 м), при этом большинство погружений не превышает 40 м. В период нагула совершает миграции в умеренные воды. Полосатый марлин, как правило, ведет одиночный образ жизни, не образует скоплений [Ducharme-Barth, 2019].

В Японском море обитает в восточной части, у южных берегов п-ова Корея. Отмечен в водах южных Курильских островов, встречается как прилов при промысле сардины, скумбрии, кальмара Бартрама [Линдберг, Красюкова, 1975; Карякин, 2009; <https://www.iucnredlist.org>].

Полосатый марлин — важный объект промышленного и любительского рыболовства. Большая часть уловов приходится на ярусный лов, небольшая часть — кошельковые невода, также он попадает в качестве прилова при промысле пелагических рыб. Основной вылов в Тихом океане осуществляют Япония, Китай, Тайвань, Австралия и Новая Зеландия [Ducharme-Barth, 2019]. Уловы полосатого марлина в Тихом океане были высокими в 1970–1990-е гг., составляя в среднем около 7,2 тыс. т в год и снизились до среднегодового значения в 2,5 тыс. т в 2018–2020 гг. В настоящее время считается, что запас полосатого марлина в западной части Тихого океана сокращается под воздействием перелова [<https://www.iucnredlist.org>].

12. Тихоокеанский парусник *Istiophorus platypterus* (Shaw, 1792) [Fricke et al., 2026*] — крупная пелагическая рыба, достигает длины 300 см и массы более 150 кг. Широко распространен в тропических и умеренных водах Мирового океана. Согласно статистике ярусного промысла парусники обычно обитают в Тихом океане между 30° ю.ш. и 50° с.ш., а наибольшая плотность популяции наблюдается в водах, приуроченных к теплomu течению Куроисио и его ветвям. Этот вид, как правило, встречается вблизи побережья и островов, предпочитает температуру поверхностных вод от 18 до 28 °C. Держится преимущественно в поверхностном слое до 10 м, хотя данные мечения показали, что иногда способен опускаться до глубины 500 м [Chiang et al., 2004; Соколовский и др., 2011; <https://www.iucnredlist.org>].

* Fricke R., Eschmeyer W.N. and Van der Laan R. (eds). Eschmeyer's catalog of fishes..., 2026.

В Японском море встречается вдоль берегов Японии, отмечен в водах зал. Петра Великого, у берегов п-ова Корея. Заходит в тихоокеанские воды Курильских островов, имеется сообщение о поимке парусника в охотоморских водах о. Кунашир [Соколовский и др., 2011; Полтев, Самарский, 2024; <https://www.iucnredlist.org>].

В Тихом океане парусник составляет значительную часть вылова крупных пелагических рыб, главным образом при ярусном и в меньшей степени кошельковом промысле, ориентированном на ловлю тунцов и меч-рыбы. Кроме этого, парусник является объектом любительского лова. Уловы парусника в Тихом океане сократились с 13,4 тыс. т в 1976 г. до 5,8 тыс. т в 2012 г. [Lu et al., 2015]. Вследствие того, что тихоокеанский парусник довольно редко является объектом специализированного промысла, ловится в основном в качестве прилова при промысле других, более массовых пелагических рыб, оценка его запасов в западной части Тихого океана не проводилась и состояние запаса неизвестно [Chiang et al., 2009; <https://www.iucnredlist.org>].

Следует отметить, что в условиях изменения климата в северо-западной части Тихого океана, наблюдаемых в последние годы, помимо видов, упомянутых выше, в российские воды Японского, Охотского морей и Курильских островов могут заходить другие виды тунцовых, мечерылоподобных рыб.

Основные районы возможного промысла тунцовых и мечерылоподобных рыб в дальневосточных водах России

Распространение тунцовых и мечерылоподобных рыб в северо-западной части Тихого океана в период нагульных миграций в умеренные воды в основном приурочено к теплому течению Куро-Сио и его ветвям. Так, воды западного Сахалина летом и осенью заняты теплыми водными массами (поверхностной и подповерхностной субтропической), которые заносятся сюда из юго-восточной части моря вдоль берегов Японии Цусимским течением, что является благоприятным условием для проникновения на нагул теплолюбивых видов рыб [Антоненко и др., 2011; Великанов, 2024].

Вплоть до окончания Второй мировой войны японцы, проживавшие на юге Сахалина, ежегодно добывали голубого тунца в качестве прилова к лососям (лов велся ставными неводами). Причем у япономорского побережья преобладали младшевозрастные особи менее 40 кг, а у охотоморского — старшевозрастные свыше 100 кг. В годы существования японского промысла на Курильских островах уловы на о. Итуруп достигали 800 т (в конце 1920-х гг.), а на южном Сахалине — 1,4 тыс. т (1939 г.) [Осипов и др., 1963]. В более поздние годы (до введения 200-мильных экономических зон) японские рыбаки осуществляли ярусный лов голубого тунца вблизи южного Сахалина. Результативность лова здесь была высокой. В современный период первое появление голубого тунца в прибрежных водах Сахалина стало достоверно известно летом 2014 г., когда этот вид был обнаружен как в зал. Анива, так и у юго-западного Сахалина. В течение 2018–2023 гг. голубой тунец стал почти ежегодно появляться у берегов юго-западного Сахалина [Великанов, 2024]. В воды западного Сахалина из япономорских вод Японии в период потепления может массово заходить на нагул длиннохвостый тунец. У берегов восточного Сахалина отмечена поимка макрелевого тунца [Великанов, 2024].

В западной части Японского моря в теплый период года наиболее хорошо прогреваются воды зал. Петра Великого. В полузакрытых и закрытых бухтах залива температура воды летом поднимается до 26–28 °С, что является благоприятным условием для нагула теплолюбивых видов, проникающих сюда из южной части моря вдоль хорошо прогретых прибрежных вод. Берега северного Приморья высоки и обрывисты, шельф узок, небольшие бухты, как правило, открытого типа. В этой связи летний прогрев вод здесь редко достигает значений 20 °С. Однако в водах севернее зал. Петра Великого нагуливаются тунцовые рыбы, особенно в периоды гидрологического потепления. В воды северного Приморья пелагические тепловодные виды могут проникать не только с юга, но и с водами теплого Цусимского течения, ветка которого севернее Сангарского

пролива поворачивает на запад и, пересекая море, трансформируется у материковых берегов в Приморское течение [Соколовский и др., 2004].

Высокая численность голубого тунца в водах Японии наблюдалась в 1920–1930-е гг., когда сформировался большой запас сардины иваси. Однако в последующем численность этого вида резко сократилась, что привело к заметному уменьшению его ареала [Моисеев, 1967]. В годы массовых подходов к берегам Приморья сардины и скумбрии резко увеличивались и подходы голубого тунца [Осипов и др., 1963]. В частности, в 1920-е гг. отечественными рыбаками предпринимались попытки организовать специализированный промысел голубого тунца в зал. Петра Великого. В 1923 г. акционерное объединение «Торговый Дом Братьев Люри» (г. Владивосток) с согласия Главрыбы получило право на занятие тунцовым промыслом в зал. Петра Великого в порядке промысловой разведки [Соколовский и др., 2011]. Известны случаи поимки крупных экземпляров голубого тунца в водах Приморья. Так, в 1949 г. в зал. Посыета были пойманы в ставной невод 3 экз. тунцов, самый крупный из которых весил 375 кг, остальные два — 245 и 261 кг [Румянцев, 1950].

Являясь наиболее массовым видом тунцовых рыб в северо-западной части Японского моря, голубой тунец в периоды потеплений встречается в ставных орудия лова, а также в уловах рыбаков-любителей от зал. Посыета до Татарского пролива [Колпаков, Барабанщиков, 2001; Барабанщиков и др., 2021]. С прогревом поверхностных вод на нагул заходит как его молодь, так и взрослые особи.

Также в водах зал. Петра Великого отмечены поимки полосатого тунца, однако в промысловых количествах он до настоящего времени не встречался. Нечастые поимки в зал. Петра Великого отмечались для макрелевого тунца, восточной пелагиды, тихоокеанского парусника и меч-рыбы [Линдберг, Красюкова, 1975; Соколовский и др., 2011]. Единственная поимка мелкопятнистой макрели была зафиксирована в Уссурийском заливе в 1913 г. [Солдатов, Лидберг, 1930], однако в последние годы она регулярно встречается в уловах рыбаков-любителей в зал. Петра Великого (собственные данные). Учитывая массовость этой рыбы у берегов Китая и Южной Кореи, при сохранении общего тренда на потепление в западной части Японского моря возможны подходы скоплений мелкопятнистой макрели к берегам южного Приморья.

Зона взаимодействия течений Куроисио-Ойяиси считается одним из наиболее высокопродуктивных районов Мирового океана. С прогревом поверхностных вод в прикурильские воды на нагул заходит большое количество пелагических рыб и беспозвоночных, которые являются пищевыми объектами для высших хищников, в том числе тунцовых и других крупных пелагических рыб. Нагульные миграции субтропических и тропических рыб и кальмаров в воды Курильских островов в первую очередь зависят от развития Куроисио и его ветвей на север, которое подвержено значительным межгодовым изменениям. В водах Курильских островов отмечено наибольшее количество видов тунцовых и мечерылоподобных рыб, заходящих на нагул [Савиных и др., 2003; Великанов, 2024]. При лове кальмара Бартрама дрейферными сетями частота встречаемости полосатого тунца в среднем составила 40 %, а в отдельные гидрологически теплые годы достигала 77 %. Его максимальные уловы в сентябре 1992 г. доходили до 5,9 т на судо-сутки лова. Также в уловах сетей отмечались с разной частотой встречаемости желтоперый, голубой и макрелевый тунцы, мелкопятнистая макрель, меч-рыба и полосатый копьеносец [Карякин, 2009].

Межгодовая динамика миграций тунцовых и мечерылоподобных рыб в дальневосточные воды России

За последние более 100 лет на фоне глобального потепления отмечается, что многие виды морских организмов меняют характер распределения в сторону более высоких широт и больших глубин, также сдвигаются фенологические фазы (например, сроки миграций и нереста) в ответ на повышение средней температуры океана, которая согласно прогнозам будет повышаться и в будущем [Соколовский и др., 2004; Gilman et al., 2016].

В XX веке отмечалось 2 периода потепления в Северном полушарии. Первое началось еще в конце XIX века и продолжалось до 1940-х гг. Его пик пришелся на 1920–1930-е гг. и был описан в литературе как «потепление Арктики» в XX столетии [Шунтов, 2001]. В летние сезоны 1920–1930-х гг., которые могут быть названы первой «сардиновой эпохой» XX столетия, наблюдалась мощная экспансия в дальневосточные умеренные воды субтропических и даже тропических рыб и других южных морских животных.

Потепление, отмечаемое с начала 1970-х гг., продолжалось до начала 1990-х гг. и по достигнутому уровню средней температуры превзошло предыдущий аналогичный период. На эти годы пришлось очередная вспышка численности сардины иваси (вторая «сардиновая эпоха» XX столетия), и вновь наблюдалась северная экспансия многих южных гидробионтов. В этот период тунцовые и мечерылоподобные рыбы ловились как прилов при промысле сардины иваси и скумбрии (рис. 1). Однако уже с начала 1990-х гг. при весьма высоком температурном фоне численность иваси быстро пошла на убыль [Шунтов, 2001].

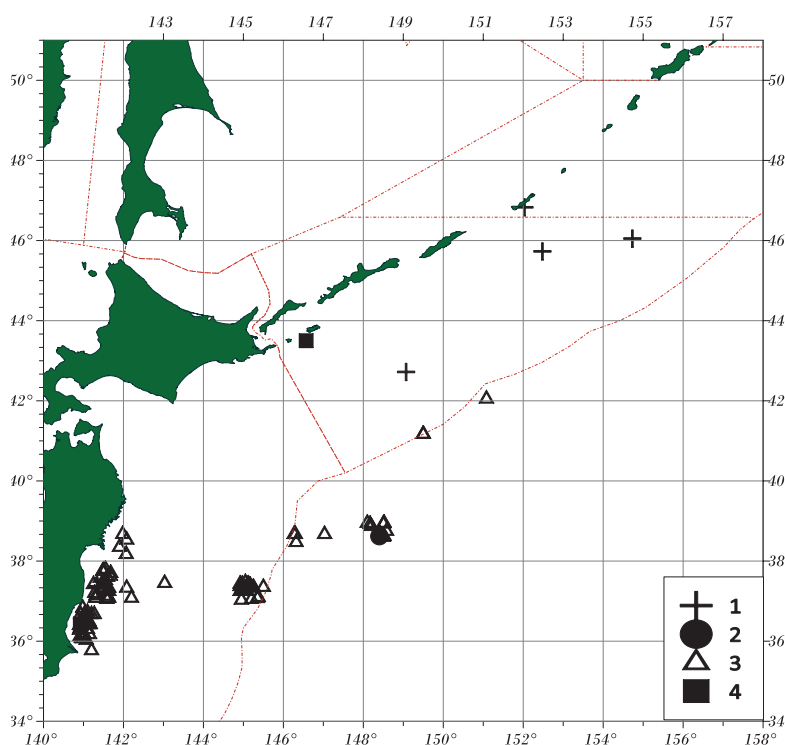


Рис. 1. Районы промысла тунцовых и других крупных пелагических рыб в северо-западной части Тихого океана советским флотом в 1980-х гг.: 1 — тунцы, 2 — меч-рыба, 3 — марлины, 4 — парусник

Fig. 1. Areas of tuna and billfish fishery by the USSR fleet in the North-West Pacific in 1980s: 1 — tuna, 2 — swordfish, 3 — marlin, 4 — sailfish

Начавшееся после 2010 г. очередное потепление в северо-западной части Тихого океана вызвало перестройку нектонных сообществ, когда сменились доминировавшие холодолюбивые виды на южных мигрантов за счет значительного увеличения запасов сардины и скумбрии [Хоружий и др., 2015]. Начиная с 2018 г. развитие океанологических условий в зоне взаимодействия течений Куроисио-Ойясио происходит по типу «теплых лет», отличительной чертой которых являются необычно высокие темпы весеннего потепления и низкие темпы осеннего выхолаживания. С 2021 по 2024 г. гидрологический режим рассматриваемого района можно охарактеризовать как «аномально теплый», характерной чертой которого является преобладание максимальных положительных аномалий в течение года. Как показали результаты расчетов, средняя

температура поверхностных вод в августе-сентябре в «аномально теплые» годы в тихоокеанских водах Курильских островов повысилась на 1–2 °C по сравнению с предыдущим периодом. В целом в текущую «сардиновую эпоху» средние температуры поверхности океана в нагульный период в районе южных Курильских островов значительно выше (в некоторых районах на 5–7 °C) значений 1980-х гг. Анализ положения районов лова сардины и скумбрии в 1970–1980-е гг. и в современный период продемонстрировал их значительное смещение в более северные районы в 2018–2024 гг. Потепление в последние годы в северо-западной части Тихого океана способствует увеличению протяженности миграций теплолюбивых рыб в период нагула и увеличению нагульного периода [Антоненко и др., 2025].

Тунцовые и мечерылоподобные рыбы — теплолюбивые виды, значительная часть жизненного цикла которых приурочена к тропическим и субтропическим водам, совершают протяженные нагульные миграции в умеренные высокопродуктивные воды, и температура поверхности и приповерхностного слоя океана критически важно влияет на их распределение и миграции. У разных видов тунцовых, марлиновых и мечерылых рыб наблюдается значительные вариации температурных предпочтений и толерантности. Как правило, личинки и молодь имеют более узкий термический диапазон обитания, а оптимальные условия для нереста являются самыми узкими и наиболее высокими [Gilman et al., 2016].

В западной части Тихого океана большое значение для рыболовства имеют следующие виды тунцов: голубой, длинноперый, большеглазый, желтоперый и полосатый, также к ним можно отнести длиннохвостого тунца. Из-за различий в их распределении и способах добычи эти виды классифицируются как «умеренные» и «тропические». К умеренным видам относятся голубой и длинноперый тунцы; они встречаются в водах с температурой до 10 °C и даже ниже, но встречаются и в тропических водах. Полосатый и желтоперый тунцы классифицируются как тропические и обитают в водах с температурой выше 18 °C (хотя могут отмечаться и в более холодных водах). Большеглазый и длиннохвостый тунцы могут быть отнесены к промежуточным видам, но в рыболовной статистике часто рассматриваются как тропические*.

В настоящее время вылов тунцов осуществляется в качестве прилова при промысле сардины и скумбрии. По данным промысловой статистики в прикурильских водах более 90 % выловленных тунцов приходится на голубого тунца. Небольшая доля вылова приходится на единичные поимки меч-рыбы. Это связано с тем, что промысел сардины ведется, как правило, в районах с температурой поверхности воды 8–14 °C, где не могут нагуливаться более теплолюбивые тунцы, такие как полосатый, желтоперый и большеглазый. На рис. 2 показаны районы лова тунцовых и мечерылоподобных рыб в прикурильских водах в 2020–2024 гг. по данным промысловой статистики.

Полосатый тунец является наиболее массовым видом в прилове к кальмару Бартрама. Поскольку полосатый тунец — типичный представитель тропических и субтропических вод, его скопления в период с июля по октябрь постоянно наблюдаются в российских водах и приурочены к фронтальной зоне между течениями Куроисио и Ойясио. В основном его концентрации наблюдаются в этом районе с теплой стороны фронтальных разделов, на периферии теплых антициклонических меандров в трансформированной субтропической структуре вод. В августе-сентябре полосатый тунец встречался при температуре 17–21 °C в октябре — 15–18 °C [Савиных, 1998]. При выполнении учетной съемки на судах ТИНРО в юго-восточной части южнокурильского района в уловах пелагического трала в августе и сентябре 2017 и 2022 гг. отмечался полосатый тунец. Всего было поймано 64 экз., из них 39 самцов и 25 самок. Длина рыб в уловах варьировала от 35,0 до 63,0 см, средняя длина составила 51,5 см, при этом длина самок в среднем была больше — 53,2, самцов — 50,5 см (рис. 3).

* Status of the world fisheries for tuna, 2024.

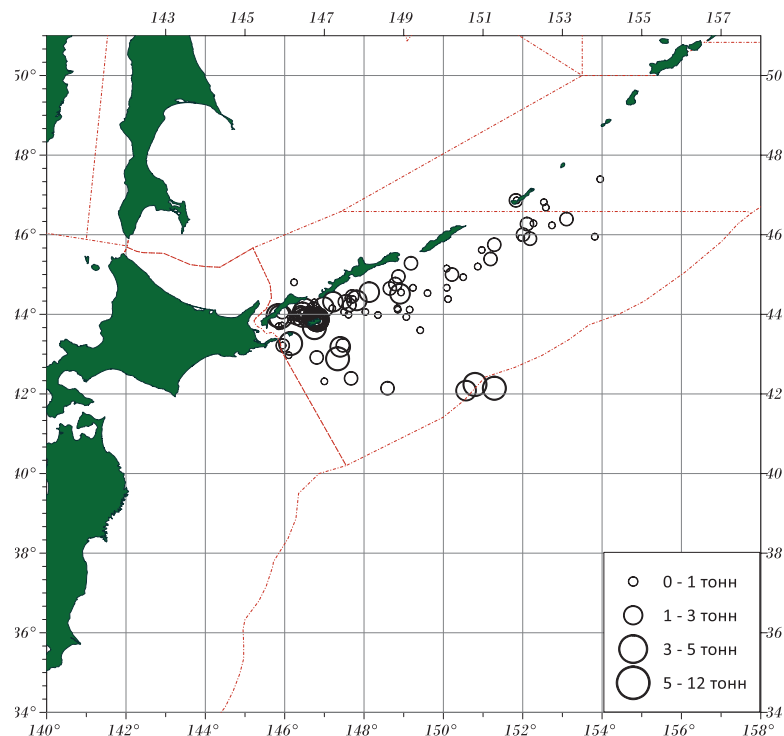


Рис. 2. Районы лова тунцов российским флотом (разноглубинный трал) в прикурильских водах в 2020–2024 гг.

Fig. 2. Areas of tuna fishery by the Russian fleet (midwater trawl) at the Kuril Islands in 2020–2024

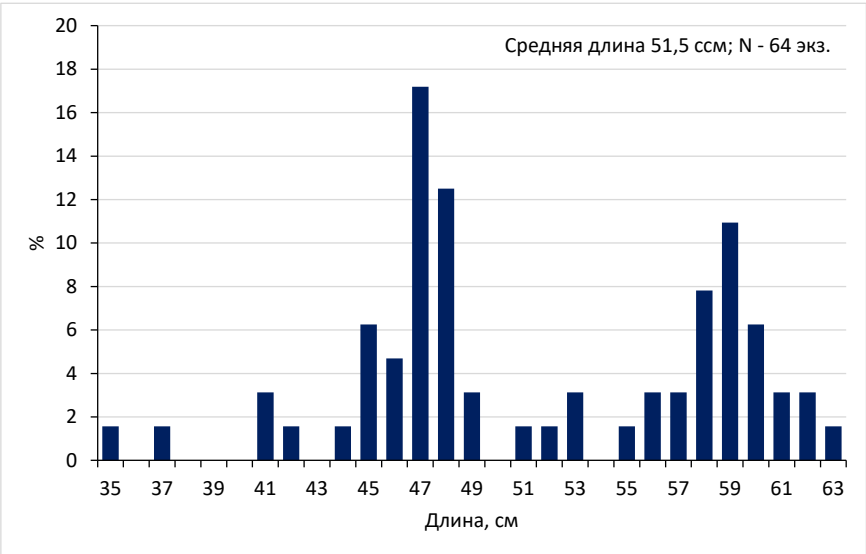


Рис. 3. Размерный состав полосатого тунца в уловах пелагического трала в период выполнения учетных съемок в августе и сентябре 2017 и 2022 гг.

Fig. 3. Size composition of skipjack tuna in the catches of midwater trawl surveys in August-September of 2017 and 2022

В целом можно отметить, что подходы тунцовых, марлиновых и мечерылых рыб в прикурильские воды и воды Приморья начинаются с июня, когда температура поверхностных вод прогревается до значений 10–14 °С, которые благоприятны для умеренно холодолюбивых голубого тунца и меч-рыбы. Являясь рыбой открытого океана,

длинноперый тунец в водах Приморья не встречается, однако возможны его поимки в водах Курильских островов. Его распределение в целом похоже на распространение голубого тунца, однако он избегает прибрежных районов [Парин, 1967].

В июле в южную часть российской экономзоны заходят на нагул более теплолюбивые виды — полосатый, желтоперый и большеглазый тунцы. Возможны заходы в небольших количествах макрелевого тунца. Распределение голубого тунца в период нагула в целом совпадает с распределением сардины иваси, которая распространяется на широкой акватории Южно-Курильской зоны и в последние годы заходит в Северо-Курильскую зону, предпочитая районы с фронтальными зонами первой ветви Ойясио и Курильского течения. Крупные рыбы (массой свыше 100 кг) заходят в более северные районы, в отличие от мелких. В некоторых местах, например в заливах Анива и Терпения, чаще встречаются крупные тунцы, а у юго-западного побережья о. Сахалин отмечаются только мелкие рыбы [Осипов и др., 1963]. Схожее распределение имеет меч-рыба, однако ее поимки обычно не превышают 1–2 экз. Наиболее массовый из теплолюбивых тунцов — полосатый — предпочитает трансформированные субтропические водные массы и нагуливается на фронтальных зонах теплого южнокурильского вихря в более южных и восточных районах Южно-Курильской зоны (рис. 4). Там же возможны поимки желтоперого, большеглазого и длиннохвостого тунцов. Нагульный период тунцовых и мечерылоподобных рыб в ИЭЗ России в последние годы продолжается до середины ноября, когда происходит сезонное понижение поверхностных вод и начинаются зимовальные миграции сардины иваси в более южные районы. Очевидно, что нагульный период в российских водах у полосатого, желтоперого и большеглазого тунцов короче, чем у голубого и длинноперого тунцов и меч-рыбы.

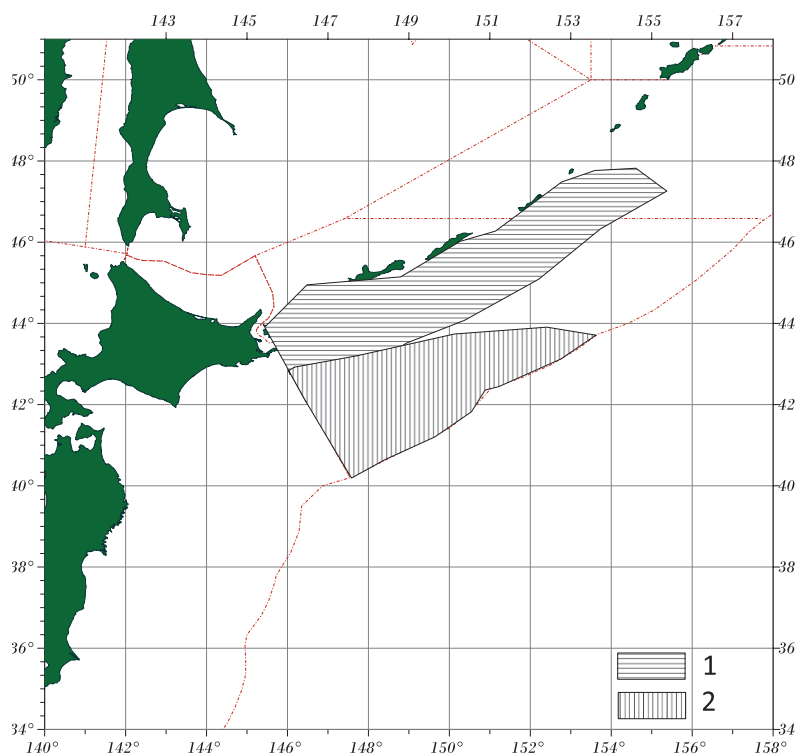


Рис. 4. Предполагаемые районы нагула синего тунца и меч-рыбы (1), а также полосатого, длинноперого, большеглазого тунцов (2) в ИЭЗ России в водах Курильских островов в период прогрева поверхностных вод (лето-осень)

Fig. 4. Supposed feeding areas for bluefin tuna and swordfish (1) and skipjack, albacore, and bigeye tuna (2) in the Russian EEZ at the Kuril Islands in the season of sea surface warming (summer-autumn)

Основные способы лова тунцовых и мечерылоподобных рыб

Лов тунцов ведется с древнейших времен, но промышленный океанический промысел начал интенсивно развиваться в 50-е гг. прошлого столетия. Это связано с организацией широкомасштабного ярусного лова Японией в Тихом океане и дальнейшим его расширением к середине 1960-х гг. на акваторию Мирового океана в пределах ареалов тунцов. В середине 1960-х гг. начал интенсивно развиваться кошельковый лов тунца, что привело к резкому увеличению добычи полосатого и желтоперого тунцов, а также пятнистого, макрелевого и скумбревидного, являвшихся преимущественно объектами прибрежного удебного лова. Однако ярусный промысел не утратил своего значения, является высокорентабельным и занимает в настоящее время второе место в мировом вылове объектов тунцового лова, к которым относятся также мечерылоподобные рыбы и пелагические акулы. Связано это с тем, что кошельковый лов не конкурентен ярусному, поскольку сырьевая база и районы промысла при этих способах лова в значительной степени не совпадают [Бочкарева, Тылик, 2017].

Ярусами ловят крупных тунцов — желтоперого, большеглазого, голубого и длинноперого. Ярусный лов получил наибольшее развитие в Японии, Республике Корея и на Тайване. Кошельковыми неводами ловят главным образом полосатых, молодых желтоперых и голубых тунцов. Этот способ лова развит в восточной экваториальной части Тихого океана, а также у берегов Северной Америки, Японии, западной Африки. В тропических и некоторых других странах широко распространен удебный лов тунцов. В ряде прибрежных районов их добывают троллингом (крючками на лесках, которые буксируются за небольшими судами) и ставными неводами.

В настоящее время тунцовый ярусный промысел остается одним из самых высокорентабельных, так как при относительно невысоких затратах на эксплуатацию тунцеловных судов этот вид лова дает быструю максимальную отдачу, поскольку спрос на продукцию из тунца постоянно растет, а цены на мировом рынке повышаются.

До настоящего времени исследований по эффективности ярусного промысла тунцов в ИЭЗ России в северо-западной части Тихого океана не проводилось. Имеется информация о лове тунцов в смежных районах. Так, в районе Гавайских поднятий в 1976 г. вылов длинноперого тунца на ярус достигал 30 т на судо-сутки лова [Кокорин, 1994]. При дрифтерном промысле калмара Бартрама уловы полосатого тунца в южной части ИЭЗ России у южных Курильских островов доходили до 6 т на судо-сутки лова [Карякин, 2009]. Теоретические расчеты эффективности ярусного промысла, проведенные в середине 2000-х гг., основанные на результативности японского промысла, показали эффективность лова в южнокурильском районе до 5 т на одну ярусопостановку.

В настоящее время суда под флагом России специализированный промысел тунцовых и других крупных пелагических рыб не ведут. Тунцы, марлины, парусники и меч-рыба попадают в качестве прилова при промысле сардины и скумбрии судами, оснащенными разноглубинными тралями. В 2023 г. вылов тунцов у южных Курильских островов составил 181,0 т, при этом вылов на судо-сутки лова в среднем — 1,8 т, максимальный вылов у отдельных судов доходил до 9,0 т в сутки. В 2024 г. в прикурильских водах российскими судами было добыто 63 т тунцов, средний вылов на судо-сутки лова — 2 т, максимальный вылов — до 11 т. В 2025 г. вылов тунцов в водах южных Курильских островов составил 5,63 т.

В водах Приморья и юго-западного побережья о. Сахалин в последние годы отмечаются заходы молоди голубого тунца, которую добывают удебным способом, троллингом и ставными сетями. По данным промеров троллинговых уловов в южном Приморье в сентябре и октябре 2024 г. длина тунцов варьировала от 29,0 до 87,0 см, средняя длина составила 67,2 см. У юго-западного Сахалина средняя длина рыб при аналогичном способе лова в августе 2025 г. достигала 94,6 см при колебаниях от 63,0 до 134,0 см, а средняя масса — 16,6 кг (рис. 5, 6). Интересно отметить, что различия в размерах голубого тунца у юго-западного и юго-восточного побережий о. Сахалин

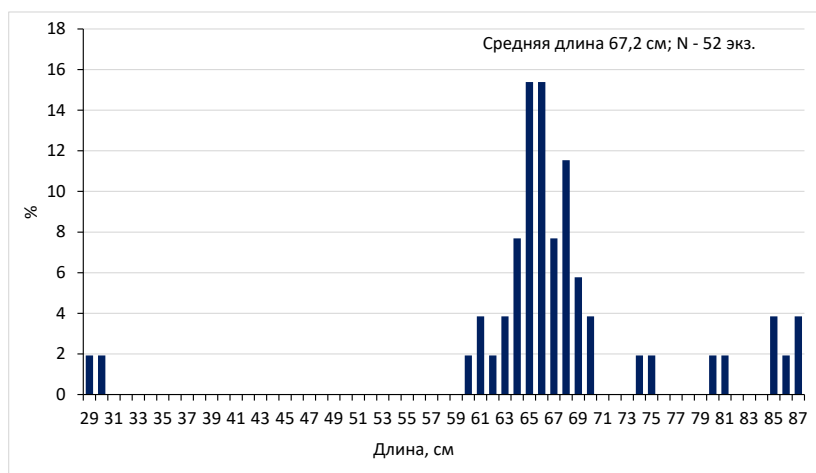


Рис. 5. Размерный состав тихоокеанского голубого тунца в троллинговых уловах в водах южного Приморья осенью 2024 г.

Fig. 5. Size composition of pacific bluefin tuna in the trolling catches at southern Primorye in fall 2024

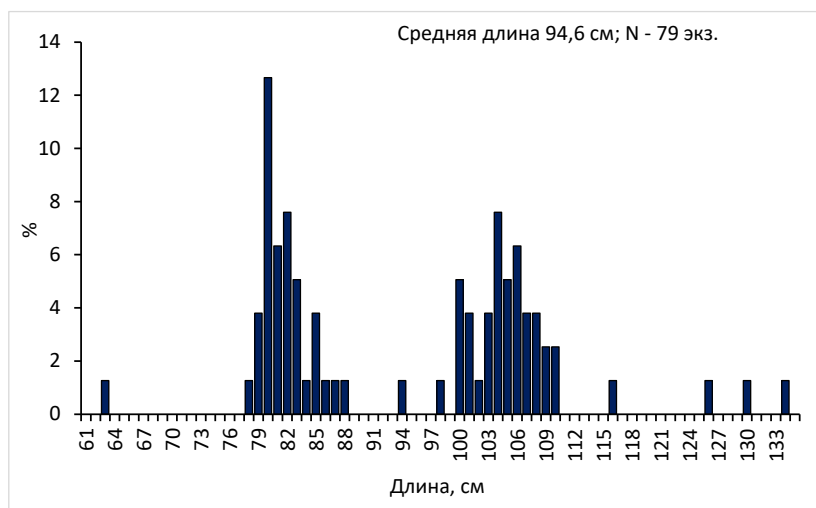


Рис. 6. Размерный состав тихоокеанского голубого тунца в троллинговых уловах в водах юго-западного побережья о. Сахалин в августе 2025 г.

Fig. 6. Size composition of pacific bluefin tuna in the trolling catches at southwestern Sakhalin in August 2025

проявились и столетие спустя. Так, средняя длина тунцов, добытых рыбаками-любителями способом троллинга у юго-восточного Сахалина в районе с. Стародубское в сентябре-октябре 2025 г., составила 177 см при средней массе 142 кг. При этом длина рыб колебалась в диапазоне 130–236 см (рис. 7). Исходя из такой разницы в размерах можно предположить, что к побережью юго-восточного Сахалина подходят особи, мигрирующие из тихоокеанских вод в южную часть Охотского моря через проливы Курильской гряды. Известно, что в уловах немногочисленных рыбаков-любителей у южных Курильских островов преобладают крупные особи голубого тунца (рис. 8).

Заключение

В воды ИЭЗ России в северо-западной части Тихого океана на нагул заходят 12 видов тунцовых, марлиновых и мечерылых рыб. Наиболее массовые и перспективные для промысла — это голубой и полосатый тунцы. Характер их распределения заметно



Рис. 7. Размерный состав тихоокеанского голубого тунца в троллинговых уловах в водах юго-восточного побережья о. Сахалин в сентябре-октябре 2025 г.

Fig. 7. Size composition of pacific bluefin tuna in the trolling catches at southeastern Sakhalin in September-October 2025



Рис. 8. Фото тихоокеанского голубого тунца длиной 210 см, пойманного в сентябре 2024 г. способом троллинга у северной оконечности о. Итуруп

Fig. 8. Pacific bluefin tuna caught by trolling at the northern tip of Iturup Island in September 2024, body length 210 cm

различается. Голубой тунец нагуливается в трансформированных субарктических водах вместе со скоплениями пелагических рыб, он самый холодолюбивый из группы тунцов и нередко заходит в воды с температурой 12 °С и даже 6–8 °С. Полосатый тунец более теплолюбивый, он нагуливается в трансформированных субтропических водах, его скопления приурочены к юго-восточным районам ИЭЗ России у южных Курильских островов. Также к перспективным видам прикурильских вод можно добавить желто-

перого тунца: массовый теплолюбивый вид, характер распределения которого схож с распространением полосатого тунца. Меч-рыба проникает далеко на север в период нагульных миграций, ее распределение схоже с таковым голубого тунца, однако она не образует скоплений и в уловах встречается единично. Остальные тунцовые и мечерылоподобные рыбы из-за особенностей распределения в дальневосточных водах России встречаются эпизодически и нерегулярно.

Наиболее эффективные способы лова тунцовых и мечерылоподобных рыб — ярусный и кошельковый лов. Кошельковыми неводами облавливаются полосатый тунец и младшевозрастные группы голубого тунца, образующие поверхностные скопления. Ярусным ловом добываются взрослые особи крупных тунцов, не формирующих плотных концентраций.

Основные факторы, влияющие на распределение тунцовых и мечерылоподобных рыб в северо-западной части Тихого океана, — это потепление поверхностных вод и высокая численность пелагических рыб, их основных кормовых объектов. В современный период (с 2021 г.) отмечается серия аномально теплых лет, когда положительные аномалии поверхностных вод в северо-западной части Тихого океана наблюдаются в течение всего года. Это позволяет теплолюбивым пелагическим рыбам распространяться далеко на север в умеренные воды до прикамчатских вод, Командорских и Алеутских островов, юго-западной части Берингова моря, южной части (вплоть до 52° с.ш.) Охотского моря. Предполагается, что в ближайшие годы сохранятся тенденции на потепление климата, глубокое проникновение в районы Курильских островов, южного Приморья и юго-западного Сахалина трансформированных субтропических вод, в которых будут складываться благоприятные условия для формирования скоплений тунцов в период нагульных миграций массовых пелагических рыб летом и осенью, что позволит организовать промысел наиболее массовых видов — голубого и полосатого тунцов.

Благодарности (ACKNOWLEDGMENT)

Авторы выражают благодарность сотрудникам Тихоокеанского филиала ВНИРО (ТИНРО) и рыбакам-любителям, принимавшим участие в сборе материалов для статьи.

The authors are grateful to their colleagues in TINRO and volunteer fishermen who joined to collecting materials for the study.

Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The study has no sponsor funding.

Соблюдение этических стандартов (CMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы использования животных были соблюдены. Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

All applicable international, national and/or institutional guidelines for care and use of animals were implemented. Authors declare no conflict of interest.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

Систематизация материала и написание статьи — Д.В. Антоненко, А.В. Буслов.

Both authors made equal input to collecting and systematizing materials, and wrote and illustrated the text jointly.

Список литературы

Антоненко Д.В., Новиков Ю.В., Басюк Е.О. Особенности российского промысла дальневосточной сардины в условиях потепления в северо-западной части Тихого океана //

Рыбохозяйственная наука в XXI веке: ключевые направления развития : 3-я Междунар. науч.-практ. конф. и 5-я Школа молодых ученых и специалистов. — М. : ВНИРО, 2025. — С. 33–40. EDN: PNAJAS.

Антоненко Д.В., Соломатов С.Ф., Баланов А.А. и др. Встречаемость изящного ската *Raja pulchra* (Rajidae, Rajiformes) в российских водах Японского моря // Вопр. ихтиол. — 2011. — Т. 51, № 4. — С. 480–486. EDN: NXXFIR.

Барабанщиков Е.И., Савельев П.А., Лысенко А.В. Новые поймки зеркального солнечника *Zenopsis nebulosa* (Zeidae) и восточного тунца *Thunnus orientalis* (Scombridae) в северо-западной части Японского моря // Изв. ТИНРО. — 2021. — Т. 201, вып. 2. — С. 385–389. DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-385-389. EDN: OXKPEF.

Белкин С.И. Кошельковый промысел тунца в Тихом океане: вчера, сегодня, завтра // Рыб. хоз-во. — 2007. — № 2. — С. 57–63. EDN: HZKZJD.

Бочкарева Е.В., Тылик К.В. Пелагический ярусный промысел и его сырьевая база в Атлантическом океане // Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов : 5-й Балтийский морской форум. Всероссийская научная конференция. Труды. — Калининград : КГТУ, 2017. — С. 15–18. EDN: ZACUBV.

Великанов А.Я. Встречаемость и распространение тихоокеанского синеперого тунца (*Thunnus orientalis*, Temminck et Schlegel, 1844) у берегов о. Сахалина в 2014–2023 гг. // Тр. СахНИРО. — 2024. — Т. 20. — С. 36–46. EDN: YPSRHL.

Карякин К.А. Характеристика рыб прилова при мониторинговых исследованиях кальмара Бартрама (*Ommastrephes bartramii*) в Южно-Курильском районе // Вопр. рыб-ва. — 2009. — Т. 10, № 4(40). — С. 774–782. EDN: KVCZUB.

Кокорин Н.В. Лов рыбы ярусами : моногр. — М. : ВНИРО, 1994. — 421 с.

Колпаков Н.В., Барабанщиков Е.И. Теплолюбивые виды рыб в водах северного Приморья // Вопр. ихтиол. — 2001. — Т. 41, № 3. — С. 422–424.

Линдберг Г.У. Определитель и характеристика семейств рыб мировой фауны. — Л. : Наука, 1971. — 471 с.

Линдберг Г.У., Красюкова З.В. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей : моногр. — Л. : Наука, 1975. — Ч. 4. — 464 с. (Определители по фауне СССР, изд. АН СССР, т. 108.)

Моисеев П.А. Рыболовство Японии : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1967. — 200 с.

Нгуен Д.К., Бухарицин П.И. Биологические особенности и условия обитания некоторых видов тунца // Вестн. АГТУ. Сер. Рыб. хоз-во. — 2015. — № 1. — С. 134–140. EDN: TJUJKR.

Новиков Ю.В., Антоненко Д.В., Самко Е.В., Басюк Е.О. Особенности промысла дальневосточной сардины в зависимости от океанологических условий в прикурильском районе в 2016–2023 гг. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса : мат-лы 22-й Междунар. ежегод. конф. — М. : ИКИ РАН, 2024. — С. 354. EDN: FGXRDY.

Осипов В.Г., Долбиш В.С., Кизеветтер И.В. Тунцы : моногр. — Владивосток : ТИНРО, 1963. — 68 с.

Парин Н.В. Скумбриевидные рыбы открытого океана // Тихий океан. Биология. Кн. 3 : Рыбы открытых вод. — М. : Наука, 1967. — С. 88–128.

Полтев Ю.Н., Самарский В.Г. О поймке парусников *Istiophorus platypterus* (Istiophoridae) у западного побережья острова Кунашир (Охотское море) в сентябре 2023 г. // Вопр. ихтиол. — 2024. — Т. 64, № 6. — С. 773–780. DOI: 10.31857/S0042875224060112. EDN: QRUWJN.

Румянцев А.И. Крупные экземпляры восточного тунца в заливе Петра Великого // Изв. ТИНРО. — 1950. — Т. 32. — С. 160.

Савиных В.Ф. Состав nekтона приповерхностных вод зоны субарктического фронта северо-западной части Тихого океана по данным уловов дрейфтерных сетей // Вопр. ихтиол. — 1998. — Т. 38, № 1. — С. 22–32.

Савиных В.Ф., Шевцов Г.А., Карякин К.А. и др. Межгодовая изменчивость миграции nekтонных рыб и кальмаров в тихоокеанские воды южных Курильских островов // Вопр. ихтиол. — 2003. — Т. 43, № 6. — С. 759–771. EDN: ONUJZN.

Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Епур И.В., Азарова И.А. Вековые изменения в составе и числе рыб — южных мигрантов в ихтиофауне северо-западной части Японского моря // Изв. ТИНРО. — 2004. — Т. 136. — С. 41–57. EDN: HPNCGB.

Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. Рыбы залива Петра Великого : моногр. — 2-е изд., испр. и доп. — Владивосток : Дальнаука, 2011. — 431 с.

Солдатов В.К., Линдберг Г.У. Обзор рыб дальневосточных морей : Изв. ТИРХ. — 1930. — Т. 5. — 576 с.

Хоружий А.А., Сомов А.А., Емелин П.О. и др. Появление высокоурожайных поколений японской скумбрии и дальневосточной сардины в прикурильских водах северо-западной части Тихого океана // Рыб. хоз-во. — 2015. — № 6. — С. 74–77. EDN: TKKVET.

Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2001. — Т. 1. — 580 с.

Brodziak J., Ishimura G. Stock assessment of the North Pacific swordfish (*Xiphias gladius*) in 2009. — Honolulu, Natl. Mar. Fish. Serv., NOAA : Pacific Islands Fish. Sci. Cent., 2010. — 37 p.

Chiang W.C., Sun C.L., Wang S.P. et al. Analysis of sex-specific spawning biomass per recruit of the sailfish (*Istiophorus platypterus*) in the waters off eastern Taiwan // Fish. Bull. — 2009. — Vol. 107(3). — P. 265–277.

Chiang W.C., Sun C.L., Yeh S.Z., Su W.C. Age and growth of sailfish (*Istiophorus platypterus*) in waters off eastern Taiwan // Fish. Bull. — 2004. — Vol. 102(2). — P. 251–263.

Collette B. Family Scombridae Rafinesque 1815 — mackerels, tunas, and bonitos. Calif. Acad. Sci. Annotated Checklists of Fishes. — San Francisco, California, 2003. — № 19. — 28 p.

Collette B., Reeb C., Block B. Systematics of the tunas and mackerels (Scombridae) // Fish Physiol. — 2001. — Vol. 19. — P. 1–33. DOI: 10.1016/S1546-5098(01)19002-3.

Ducharme-Barth N., Pilling G., Hampton J. Stock assessment of South West Pacific striped marlin in the Western and Central Pacific Ocean : report № WCPFC-SC15-2019/SA-WP-07. Western and Central Pacific Fisheries Commission. Scientific Committee Fifteenth Regular Session Federated State of Micronesia, 2019. — 104 p.

Fitch J.E., Roedel P.M. A review of the frigate mackerels (genus *Auxis*) of the World // FAO Fisheries and Aquaculture. — 1963. — Vol. 3, Iss. 6. — P. 1329–1342.

Fujioka K., Fukuda H., Tei Y. et al. Spatial and temporal variability in the transpacific migration of Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) revealed by archival tags // Prog Oceanogr. — 2018. — Vol. 162. — P. 52–65. DOI: 10.1016/j.pcean.2018.02.010.

Fujioka K., Hiraoka Y., Kuwahara T. et al. Post-spawning migration and habitat use of adult Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) in the western North Pacific // Mar Biol. — 2025. — Vol. 172, № 34. — P. 1–15. DOI: 10.1007/s00227-025-04596-6.

Fujioka K., Sasagawa K., Kuwahara T. et al. Habitat use of adult Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* during the spawning season in the Sea of Japan: evidence for a trade-off between thermal preference and reproductive activity // Mar. Ecol. Prog. Ser. — 2021. — Vol. 668. — P. 1–20. DOI: 10.3354/meps13746.

Gilman E., Allain V., Collette B. et al. Effects of Ocean Warming on Pelagic Tunas // Explaining Ocean Warming: Causes, Scale, Effects and Consequences. — Gland, Switzerland : International Union for the Conservation of Nature, 2016. — P. 254–270.

Griffiths S., Leadbitter D., Willette D.A. et al. Longtail tuna, *Thunnus tonggol* (Bleeker, 1851): a global review of population dynamics, ecology, fisheries, and considerations for future conservation and management // Rev. Fish Biol. Fisheries. — 2020. — Vol. 30, № 1. — P. 25–66. DOI: 10.1007/s11160-019-09589-5.

Lu C.-P., Bremer J.R., McKenziec J.L., Chiang W.-C. Analysis of sailfish (*Istiophorus platypterus*) population structure in the North Pacific Ocean // Fish. Res. — 2015. — Vol. 166. — P. 33–38. DOI: 10.1016/J.FISHRES.2014.09.018.

Mohri M., Fukada K., Takikawa T. et al. Analysis of relationship between water temperature and catch for Pacific bluefin tuna and longtail tuna off Futaoi Island (western Sea of Japan) using the Jarque-Bera test // Math. Phys. Fish. Sci. — 2009. — Vol. 7. — P. 58–69.

Nikolic N., Morandeau G., Hoarau L. et al. Review of albacore tuna, *Thunnus alalunga*, biology, fisheries and management // Rev. Fish Biol. Fisheries. — 2017. — Vol. 27, № 4. — P. 775–810. DOI: 10.1007/s11160-016-9453-y.

Palko B.J., Beardsley G.L., Richards W.J. Synopsis of the biology of the Swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus : NOAA Tech. Rep. NMFS. — 1981. — № 127. — 22 p.

Reeb C., Arcangeli L. and Block B.A. Structure and migration corridors in Pacific population of the swordfish, *Xiphias gladius*, as inferred through analyses of Mitochondrial DNA // Mar. Biol. — 2000. — Vol. 136. — P. 1123–1131.

Sekiyama T. An Examination of Sustainable Management of Pacific Bluefin Tuna Stock // J. Envir. Protect. — 2017. — Vol. 8, № 1. — P. 26–33. DOI: 10.4236/JEP.2017.81003.

Sun P., Shang Y., Sun R. et al. The Effects of Selective Harvest on Japanese Spanish Mackerel (*Scomberomorus niphonius*) Phenotypic Evolution // Front. Ecol. Evol. — 2022. — Vol. 10. — P. 1–18. DOI: 10.3389/fevo.2022.844693.

Vincent M., Ducharme-Barth N., Hamer P. et al. Stock assessment of yellowfin tuna in the western and central Pacific Ocean: report № WCPFC-SC16-2020/SA-WP-04 (Rev. 3). Western and Central Pacific Fisheries Commission. Scientific Committee Sixteenth Regular Session, 2020. — 154 p.

Yang T.Y., Liu X.Y., Han Z.Q. Predicting the Effects of Climate Change on the Suitable Habitat of Japanese Spanish Mackerel (*Scomberomorus niphonius*) Based on the Species Distribution Model // Front. Mar. Sci. — 2022. — Vol. 9. — P. 1–8. DOI: 10.3389/fmars.2022.927790.

Yoshida H. Synopsis of biological data on bonitos of the genus *Sarda*: FAO Fish. Synop. — 1980. — № 118. — 50 p.

References

Antonenko, D.V., Novikov, Yu.V., and Basyuk, E.O., Features of the Russian Far Eastern sardine fishery in the context of warming in the northwestern Pacific Ocean, in 3-y *Mezhdunar. nauchoprakt. konf. i 5-ya Shkola molodykh uchenykh i spetsialistov "Rybokhozyaystvennaya nauka v XXI veke: osnovnyye napravleniya razvitiya"* (3rd Int. Sci.-Pract. Conf. and 5th School of young scientists and specialists "Fisheries science in the 21st century: main directions of development"), Moscow: VNIRO, 2025, pp. 33–40. EDN: PNAJAS

Antonenko, D.V., Solomatov, S.F., Balanov, A.A., Kalchugin, P.V., and Tok, K.S., Occurrence of skate *Raja pulchra* (Rajidae, Rajiformes) in Russian waters of the Sea of Japan, *J. Ichthyol.*, 2011, vol. 51, no. 6, pp. 426–431. doi 10.1134/S0032945211040011. EDN: OIANIL

Barabanshchikov, E.I., Saveliev, P.A., and Lysenko, A.V., New captures of mirror dory *Zenopsis nebulosa* (Zeidae) and bluefin tuna *Thunnus orientalis* (Scombridae) in the northwestern Japan Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2021, vol. 201, no. 2, pp. 385–389. doi 10.26428/1606-9919-2021-201-385-389. EDN: OXKPEF

Belkin, S.I., Tuna purse fishing in the Pacific Ocean: yesterday, today, tomorrow, *Rybn. Khoz.*, 2007, no. 2, pp. 57–63. EDN: HZKZJD

Bochkareva, E.V. and Tylik, K.V., Pelagic longline fishery and its mineral base in the Atlantic Ocean, in 5-y *Baltiyskiy morskoy forum. Vserossiyskaya nauchnaya konferentsiya. Trudy "Vodnyye bioresursy, akvakul'tura i ekologiya vodoyemov"* (5th Baltic Marine Forum. All-Russian scientific conference. Proceedings "Aquatic bioresources, aquaculture and ecology of water bodies"), Kaliningrad: Kaliningradskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet, 2017, pp. 15–18. EDN: ZACUBV

Velikanov, A.Ya., Distribution and occurrence of Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*, Temminck et Schlegel, 1844) off Sakhalin Island in 2014–2023, *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 20, pp. 36–46. EDN: YPSRHL

Karyakin, K.A., Bycatch in the flying squid (*Ommastrephes bartramii*) research driftnet fisheries in the South Kuril Islands region, *Vopr. Rybolov.*, 2009, vol. 10, no. 4(40), pp. 774–782. EDN: KVCZUB

Kokorin, N.V., *Lov ryby yarusami* (Longline Fishing), Moscow: VNIRO, 1994.

Kolpakov, N.V. and Barabanshchikov, E.I., The thermophilous fish species in waters of the North Primor'ye, *Vopr. Ikhtiol.*, 2001, vol. 41, no. 3, pp. 422–424.

Lindberg, G.U., *Opredelitel' i kharakteristika semeystva ryb mirovoy fauny* (Identification and characteristics of fish families of the world fauna), Leningrad: Nauka, 1971.

Lindberg, G.U. and Krasnyukova, Z.V., *Opredeliteli po faune, izdavaemye zoologicheskimi institutami Rossiiskoi akademii nauk. T. 108. Ryby Yaponskogo morya i sopredel'nykh chastei Okhotskogo i Zheltogo morei* (Keys to Fauna Published by the Zoological Institute, Russian Academy of Sciences, vol. 108: Fishes of the Sea of Japan and Adjacent Waters of the Sea of Okhotsk and the Yellow Sea), Leningrad: Nauka, 1975, part 4.

Moiseyev, P.A., *Rybolovstvo Yaponii* (Fisheries of Japan), Moscow: Pishchevaya Promyshlennost', 1967.

Nguyen, D.K. and Bukharitsyn, P.I., Biological characteristics and habitat conditions of some tuna species, *Vestnik Astrakh. Gos. Tekh. Univ., Ser. Ryb. khoz-vo*, 2015, no. 1, pp. 134–140. EDN: TJUJKR

Novikov, Yu.V., Antonenko, D.V., Samko, E.V., and Basyuk, E.O., Features of the Far Eastern sardine fishery depending on oceanographic conditions in the Kuril region in 2016–2023, in *Mat-ly 22-y Mezhdunar. yezhegod. konf. "Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa"* (Proc. 22nd Int. annual conf. "Modern problems of remote sensing of the Earth from space"), Moscow: Institut kosmicheskikh issledovaniy Rossiyskoy akademii nauk, 2024, pp. 354. EDN: FGXRDY

Osipov, V.G., Dolbish, V.S., and Kizeveter, I.V., *Tunets* (Tuna), Vladivostok: TINRO, 1963.

Parin, N.V., *Mackerel-like fishes in the open ocean, Tikhii okean. Biologiya. Kniga 3: Ryby otkrytogo morya* (Pacific Ocean. Biology. Book 3: Open-water fishes), Moscow: Nauka, 1967, pp. 88–128.

- Poltev, Yu.N. and Samarsky, V.G.**, On the capture of sailfins (*Istiophorus platypterus* (Istiophoridae)) in waters off the West Coast of Kunashir Island (Sea of Okhotsk) in september 2023, *J. Ichthyol.*, 2024, vol. 64, no. 6, pp. 1101–1107. doi 10.1134/S0032945224700735. EDN: ECZODV
- Rumyantsev, A.I.**, Large specimens of eastern tuna in Peter the Great Bay, *Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1950, vol. 32, pp. 160.
- Savinykh, V.F.**, Composition of nekton in the near-surface waters of the subarctic frontal zone area in the northwestern part of the Pacific Ocean according to drift net catch data, *Vopr. Ikhtiol.*, 1998, vol. 38, no. 1, pp. 22–32.
- Savinykh, V.F., Shevtsov, G.A., Karyakin, K.A., Slobodskoi, E.V., and Novikov, Yu.V.**, Yearly variability of migrations in nekton fishes and squids to the pacific waters of south Kuril Islands, *Vopr. Ikhtiol.*, 2003, vol. 43, no. 6, pp. 759–771. EDN: ONUJZN
- Sokolovsky, A.S., Sokolovskaya, T.G., Epur, I.V., and Azarova, I.A.**, Centennial changes in composition and abundance of ichthyofauna of the northwestern Japan Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2004, vol. 136, pp. 41–57. EDN: HPNCGB
- Sokolovsky, A.S., Sokolovskaya, T.G., and Yakovlev, Yu.M.**, *Ryby zaliva Petra Velikogo* (Fishes of Peter the Great Bay), Vladivostok: Dal'nauka, 2011.
- Soldatov, V.K. and Lindberg, G.U.**, Review of the fishes of the seas of the Far East, *Izv. Tikhookean. Inst. Rybn. Khoz.*, 1930, vol. 5.
- Khoruzhiy, A.A., Somov, A.A., Emelin, P.O., Starovoytov, A.N., and Vanin, N.S.**, Appearance of chub mackerel and japanese sardine high-yielding generations in the Kuril waters of western North Pacific, *Rybn. Khoz.*, 2015, no. 6, pp. 74–77. EDN: TKKVET
- Shuntov, V.P.**, *Biologiya dal'nevostochnykh morei Rossii* (Biology of the Far Eastern Seas of Russia), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2001, vol. 1.
- Brodziak, J. and Ishimura, G.**, *Stock assessment of the North Pacific swordfish (Xiphias gladius) in 2009*, Honolulu, Natl. Mar. Fish. Serv., NOAA: Pacific Islands Fish. Sci. Cent., 2010.
- Chiang, W.C., Sun, C.L., Wang, S.P., Yeh, S.Z., Chen, Y., Su, W.Ch., Liu, D.Ch., and Chen, W.Y.**, Analysis of sex-specific spawning biomass per recruit of the sailfish (*Istiophorus platypterus*) in the waters off eastern Taiwan, *Fish. Bull.*, 2009, vol. 107, no. 3, pp. 265–277.
- Chiang, W.C., Sun, C.L., Yeh, S.Z., and Su, W.C.**, Age and growth of sailfish (*Istiophorus platypterus*) in waters off eastern Taiwan, *Fish. Bull.*, 2004, vol. 102, no. 2, pp. 251–263.
- Collette, B.**, *Family Scombridae Rafinesque 1815 — mackerels, tunas, and bonitos. Calif. Acad. Sci. Annotated Checklists of Fishes*, San Francisco, California, 2003, no. 19.
- Collette, B., Reeb, C., and Block, B.**, Systematics of the tunas and mackerels (Scombridae), *Fish Physiol.*, 2001, vol. 19, pp. 1–33. doi 10.1016/S1546-5098(01)19002-3
- Ducharme-Barth, N., Pilling G., and Hampton, J.**, *Stock assessment of South West Pacific striped marlin in the Western and Central Pacific Ocean, report no. WCPFC-SC15-2019/SA-WP-07*, Western and Central Pacific Fisheries Commission. Scientific Committee Fifteenth Regular Session Federated State of Micronesia, 2019.
- Fitch, J.E. and Roedel, P.M.**, A review of the frigate mackerels (genus *Auxis*) of the World, *FAO Fisheries and Aquaculture*, 1963, vol. 3, no. 6, pp. 1329–1342.
- Fujioka, K., Fukuda, H., Tei, Y., Okamoto, S., Kiyofuji, H., Furukawa, S., Takagi, J., Estess, E., Farwell, C.J., Fuller, D.W., Suzuki, N., Ohshimo, S., and Kitagawa, T.**, Spatial and temporal variability in the transpacific migration of Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) revealed by archival tags, *Prog Oceanogr.*, 2018, vol. 162, pp. 52–65. doi 10.1016/j.pocean.2018.02.010
- Fujioka, K., Hiraoka, Y., Kuwahara, T., Tsukahara, Y., and Fukuda, H.**, Post-spawning migration and habitat use of adult Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) in the western North Pacific, *Mar Biol.*, 2025, vol. 172, no. 34, pp. 1–15. doi 10.1007/s00227-025-04596-6
- Fujioka, K., Sasagawa, K., Kuwahara, T., Estess, E.E., Takahara, Y., Komeyama, K., Kitagawa, T., Farwell, C.J., Furukawa, S., Kinoshita, J., Fukuda, H., Kato, M., Aoki, A., Abe, O., Ohshimo, S., and Suzuki, N.**, Habitat use of adult Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis* during the spawning season in the Sea of Japan: evidence for a trade-of between thermal preference and reproductive activity, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 2021, vol. 668, pp. 1–20. doi 10.3354/meps13746
- Gilman, E., Allain, V., Collette, B., Hampton, J., and Lehodey, P.**, Effects of Ocean Warming on Pelagic Tunas, in *Explaining Ocean Warming: Causes, Scale, Effects and Consequences*, Gland, Switzerland: International Union for the Conservation of Nature, 2016, pp. 254–270.
- Griffiths, S., Leadbitter, D., Willette, D.A., Kaymaram, F., and Moazzam, M.**, Longtail tuna, *Thunnus tonggol* (Bleeker, 1851): a global review of population dynamics, ecology, fisheries, and considerations for future conservation and management, *Rev. Fish Biol. Fisheries*, 2020, vol. 30, no. 1, pp. 25–66. doi 10.1007/s11160-019-09589-5

Lu, C.-P., Bremer, J.R., McKenzie, J.L., and Chiang, W.-C., Analysis of sailfin (*Istiophorus platypterus*) population structure in the North Pacific Ocean, *Fish. Res.*, 2015, vol. 166, pp. 33–38. doi 10.1016/j.fishres.2014.09.018

Mohri, M., Fukada, K., Takikawa, T., Nishida, T., and Imamiya, M., Analysis of relationship between water temperature and catch for Pacific bluefin tuna and longtail tuna off Futaoi Island (western Sea of Japan) using the Jarque-Bera test, *Math. Phys. Fish. Sci.*, 2009, vol. 7, pp. 58–69.

Nikolic, N., Morandeau, G., Hoarau, L., West, W., Arrizabalaga, H., Hoyle, S.D., Nicol, S., Bourjea, J., Puech, A., Farley, J.H., Williams, A.J., Fonteneau, A., Review of albacore tuna, *Thunnus alalunga*, biology, fisheries and management, *Rev. Fish Biol. Fisheries*, 2017, vol. 27, no. 4, pp. 775–810. doi 10.1007/s11160-016-9453-y

Palko, B.J., Beardsley, G.L., and Richards, W.J., Synopsis of the biology of the Swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus, *NOAA Tech. Rep. NMFS*, 1981, no. 127.

Reeb, C., Arcangeli, L. and Block, B.A., Structure and migration corridors in Pacific population of the swordfish, *Xiphias gladius*, as inferred through analyses of Mitochondrial DNA, *Mar. Biol.*, 2000, vol. 136, pp. 1123–1131.

Sekiyama, T., An Examination of Sustainable Management of Pacific Bluefin Tuna Stock, *J. Envir. Protect.*, 2017, vol. 8, no. 1, pp. 26–33. doi 10.4236/JEP.2017.81003

Sun, P., Shang, Y., Sun, R., Tian, Y., and Heino, M., The Effects of Selective Harvest on Japanese Spanish Mackerel (*Scomberomorus niphonius*) Phenotypic Evolution, *Front. Ecol. Evol.*, 2022, vol. 10, pp. 1–18. doi 10.3389/fevo.2022.844693

Vincent, M., Ducharme-Barth, N., Hamer, P., Hampton, J., Williams, P., and Pilling, G., Stock assessment of yellowfin tuna in the western and central Pacific Ocean, report № WCPFC-SC16-2020/SA-WP-04 (Rev. 3), Western and Central Pacific Fisheries Commission. Scientific Committee Sixteenth Regular Session, 2020.

Yang, T.Y., Liu, X.Y., and Han, Z.Q., Predicting the Effects of Climate Change on the Suitable Habitat of Japanese Spanish Mackerel (*Scomberomorus niphonius*) Based on the Species Distribution Model, *Front. Mar. Sci.*, 2022, vol. 9, pp. 1–8. doi 10.3389/fmars.2022.927790

Yoshida, H., Synopsis of biological data on bonitos of the genus *Sarda*, *FAO Fish. Synop.*, 1980, no. 118.

Yeremeyev, V.V., *Perspektivy razvitiya global'noy tuntsovoy industrii i vozmozhnosti razvitiya rossiyskoy tuntsovoy otrasli* (Prospects for the development of the global tuna industry and opportunities for the development of the Russian tuna industry). <https://csef.ru/ru/politica-i-geopolitica/510/perspektivy-razvitiya-globalnoj-tunczovoj-industrii-i-vozmozhnosti-razvitiya-rossijskoj-tunczovoj-otrasli-8943>. Cited March 1, 2026.

The State of World Fisheries and Aquaculture 2020, Sustainability in action, Rome: FAO, 2020. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>. Cited March 1, 2026.

Marketing research of the global canned tuna market, Vigor Consult, 2026. <https://vigorconsult.ru/about/keysyi/marketingovoe-issledovanie-mirovogo-ryinka-konservirovannogo-tuntsa>. Cited March 1, 2026.

Eschmeyer's catalog of fishes: genera, species, references, Fricke, R., Eschmeyer, W.N., and Van der Laan, R., eds, 2026. <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. Cited March 1, 2026.

Status of the world fisheries for tuna, Nov. ISSF Technical Report 2024-07, Pittsburgh, PA, USA: International Seafood Sustainability Foundation, 2024.

The IUCN Red List of Threatened Species, 2025. <https://www.iucnredlist.org>. Cited December 1, 2025.

Поступила в редакцию 10.02.2026 г.

После доработки 15.04.2026 г.

Принята к публикации 15.06.2026 г.

The article was submitted 10.02.2026; approved after reviewing 15.04.2026;
accepted for publication 15.06.2026

Научная статья

УДК 597.541–152.6(265.5)

DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-281-297

EDN: SMGPMB



**О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ
ДОННЫХ ТРАЛОВЫХ СЪЕМОК ДЛЯ ОЦЕНКИ ЧИСЛЕННОСТИ
ПОКОЛЕНИЙ ТИХООКЕАНСКОЙ СЕЛЬДИ *CLUPEA PALLASII*
В ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ОХОТСКОГО МОРЯ
И НА ТИХООКЕАНСКОМ ШЕЛЬФЕ
ЮЖНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ**

А.О. Золотов, А.В. Буслов*Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

Аннотация. На основе результатов донных траловых съемок, выполненных в заливах Анива, Терпения и на шельфе южных Курильских островов, проанализированы особенности распределения и размерного состава сеголеток сахалино-хоккайдской сельди в осенний период 2024–2025 гг. и определена их численность. Основными районами концентрации сеголеток были северная и северо-западная части зал. Анива, участок в зал. Терпения напротив оз. Невского и акватория, расположенная между о-вами Кунашир и Шикотан. Наибольшая плотность скоплений у о. Сахалин отмечалась в батиметрическом диапазоне от 20 до 40 м, а у южных Курильских островов — от 60 до 90 м. Оценки численности сеголеток составили: в зал. Анива в 2024 г. — 125,7 млн экз., в 2025 г. — 2420 млн экз.; в зал. Терпения в 2025 г. — 440 млн экз.; у южных Курильских островов в 2025 г. — 5260 млн экз. Суммарно в осенний период 2025 г. в трех районах было учтено около 8,12 млрд экз. сеголеток сахалино-хоккайдской сельди, свыше 67 % из которых — на южнокурильском мелководье. С учетом естественной смертности к возрасту достижения особями поколения 2025 года рождения промыслового размера их вклад в промысловый запас в 2029 г. может быть предварительно оценен величиной 9,6 тыс. т — в зал. Терпения, 52,8 тыс. т — в зал. Анива и 114,8 тыс. т — у южных Курильских островов. Обсуждены перспективы использования «сеголеточных» съемок для оценки пополнения и мониторинга численности сахалино-хоккайдской сельди в водах Сахалина и южных Курильских островов.

Ключевые слова: тихоокеанская сельдь, о. Сахалин, южные Курильские острова, сеголетки, численность, оценка запасов

Для цитирования: Золотов А.О., Буслов А.В. О возможности использования результатов донных траловых съемок для оценки урожайности поколений тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* в юго-западной части Охотского моря и на тихоокеанском шельфе южных Курильских островов // Изв. ТИНРО. — 2026. — Т. 206, вып. 2. — С. 281–297. DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-281-297. EDN: SMGPMB.

* Золотов Александр Олегович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, aleksandr.zolotov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-7438-2991; Буслов Александр Вячеславович, кандидат биологических наук, заместитель руководителя филиала, aleksandr.buslov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-4800-5666.

© Золотов А.О., Буслов А.В., 2026

Original article

On possibility of using results of bottom trawl surveys to assess year-class strength for pacific herring *Clupea pallasii* in the southwestern Okhotsk Sea and on the Pacific shelf of southern Kuril Islands

Alexander O. Zolotov*, Aleksandr V. Buslov**

*, ** Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia

* Ph.D., leading researcher, aleksandr.zolotov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-7438-2991

** Ph.D., deputy head, aleksandr.buslov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-4800-5666

Abstract. Distribution patterns and size composition for underyearlings of Sakhalin-Hokkaido herring are analyzed and their abundance is determined on results of the bottom trawl surveys in the Aniva Bay, Patience Bay, and on the shelf of southern Kuril Islands in autumn of 2024 and 2025. In 2024, the highest density of underyearlings was observed in the northern and northwestern Aniva Bay at the depths up to 40 m, but with their abundance increasing in 2025 the feeding area expanded toward south-west and south-east and some juveniles were caught off the southwestern coast of Sakhalin. In the Patience Bay, the underyearlings concentrated mainly in its northern part, off Lake Nevskoye, at the depth of 20–30 m. The main accumulations on the shelf of southern Kuril Islands were observed in the South Kuril Strait between the islands of Shikotan and Kunashir at the depth ranged from 30 to 160 m, with the highest concentration at 60–90 m where about 70 % of the population were accounted; some herring juveniles were caught beyond the strait on the Pacific and Okhotsk Sea shelves of Kunashir Island. The number of herring underyearlings was assessed in the Aniva Bay as $125.7 \cdot 10^6$ ind. in 2024 and $2420 \cdot 10^6$ ind. in 2025, in the Patience Bay as $440 \cdot 10^6$ ind. in 2025, and at the southern Kuril Islands as $5260 \cdot 10^6$ ind. in 2025. The total number of herring underyearlings in these three areas reached $8.12 \cdot 10^9$ ind. in 2025, over 67 % of them were counted on the shelf of southern Kuril Islands. Taking into account natural mortality, the year-class of this year contributes to the commercial stock of herring about $177 \cdot 10^3$ t in 2029, when these fish will reach the commercial size ($9.6 \cdot 10^3$ t in the Patience Bay, $52.8 \cdot 10^3$ t in the Aniva Bay, and $114.8 \cdot 10^3$ t at the southern Kuril Islands). The trawl survey of underyearlings is a promising tool for assessing recruitment of Sakhalin-Hokkaido herring in the waters of Sakhalin Island and southern Kuril Islands.

Keywords: pacific herring, Sakhalin Island, southern Kuril Islands, underyearling, fish abundance, year-class, stock assessment

For citation: Zolotov A.O., Buslov A.V. On possibility of using results of bottom trawl surveys to assess year-class strength for pacific herring *Clupea pallasii* in the southwestern Okhotsk Sea and on the Pacific shelf of southern Kuril Islands, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2026, vol. 206, no. 2, pp. 281–297. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-281-297. EDN: SMGPMB.

Введение

Сахалино-хоккайдская популяция тихоокеанской сельди считается одной из крупнейших в Северной Пацифике [Науменко, 2001]. В годы наибольшего распространения ее ареал простирался от севера о. Хонсю до Татарского пролива, а также включал в себя северную часть Японского моря, юго-западную часть Охотского и шельфовую зону южных Курильских островов [Пробатов, 1950, 1951, 1954, 1958; Фридлянд, 1951; Световидов, 1952; Motoda, Hirano, 1963, цит. по: Перов, 2021; Пушникова, 1994; Фадеев, 2003; Ившина, 2008].

Становление и развитие дальневосточного прибрежного промысла сельди ставными неводами в 1930–1940-х гг. в значительной мере было связано с началом эксплуатации запасов сахалино-хоккайдской популяции у берегов Приморья и Сахалина [Пробатов, 1954; Румянцев, 1958; Пушникова, 1994; Фадеев, 2003; Ившина, 2008, 2022а; Рыбачка летопись..., 2011]. Максимальные годовые уловы наблюдались у о-вов Хонсю, Хоккайдо и Сахалин, в 1897–1899 гг. было выловлено около 970 тыс. т [Ившина, 2021].

Впоследствии уловы несколько снизились и у японских островов в 1920–1950-х гг. варьировали в пределах 100–500 тыс. т в год, а у о. Сахалин (юго-западное и юго-вос-

точное побережья, заливы Анива и Терпения) — около 100–200 тыс. т (рис. 1). После этого произошло резкое повсеместное сокращение численности сахалино-хоккайдской сельди и ее репродуктивного ареала [Световидов, 1952; Пробатов, 1958; Румянцев, 1958; Пушникова, 1994; Фадеев, 2003; Kobayashi, 2002, цит. по: Ившина, 2008; Watanabe et al., 2002, цит. по: Зверькова, Антонов, 2017].

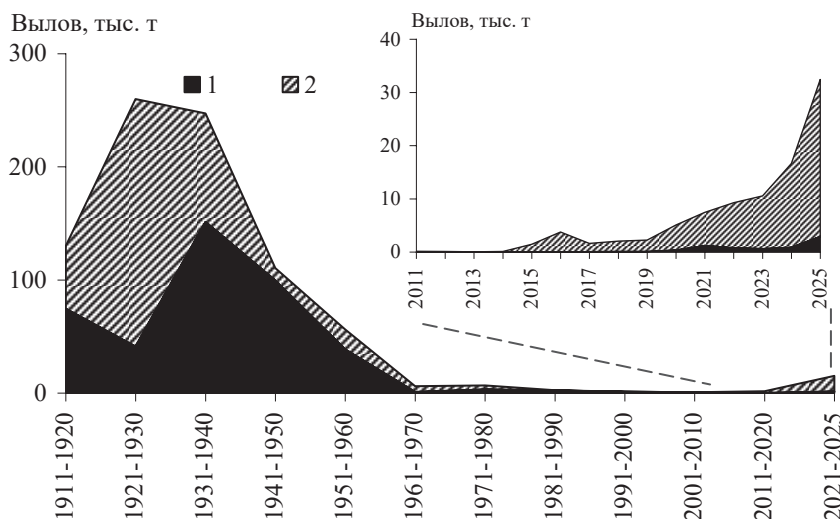


Рис. 1. Среднегодовой вылов сахалино-хоккайдской сельди (по: Э.Р. Ившиной [2021] с дополнениями) и годовые уловы в 2011–2025 гг. (диаграмма справа сверху): 1 — юго-запад о. Сахалин (Западно-Сахалинская подзона), 2 — заливы Анива и Терпения (Восточно-Сахалинская подзона)

Fig. 1. Average annual catch of Sakhalin-Hokkaido herring in the West Sakhalin fishing subzone at southwestern Sakhalin Island (1) and in the East Sakhalin fishing subzone in the Aniva Bay (2), by decades (from [Ivshina, 2021], with additions). Insert: annual catches of the herring in 2011–2025

Период низкой численности популяции продлился примерно до середины 2010-х гг., после чего наметился постепенный рост ее запасов, что в первую очередь проявилось в увеличении годовых уловов. Так, в водах, омывающих о. Хоккайдо, в 2011–2015 гг. вылов сельди в прибрежных и морских водах составлял 3,7–4,6 тыс. т в год, а в 2019 г. уже было добыто около 15 тыс. т [Ившина, 2021; Золотов и др., 2022].

Если в 2010-е гг. средние уловы на шельфе юго-западного Сахалина (Западно-Сахалинская подзона) не превышали 0,1 тыс. т в год, то в 2021–2025 гг. этот показатель вырос до 1,3 тыс. т (рис. 1). Еще более заметно увеличение годового вылова в Восточно-Сахалинской подзоне, где средние уловы возросли с 0,35 тыс. т в 2011–2015 гг. до 14,0 тыс. т — в 2021–2025 гг., а в последние несколько лет в зал. Анива был возобновлен кошельковый лов сельди.

В 2018–2025 гг. начали отмечаться весенние подходы сельди в прибрежную зону о. Кунашир для размножения [Перов, 2021; Золотов и др., 2022], чего не наблюдалось в течение более чем 80 лет. В связи с этим был возобновлен ее ограниченный промысел ставными неводами в период нереста у о. Кунашир [Золотов, 2024a]. В целом вылов тихоокеанской сельди на шельфе южных Курильских островов от нулевых значений в середине 2010-х гг. увеличился до 1,2–1,6 тыс. т в 2023–2025 гг. Таким образом, в настоящее время происходит постепенный рост запасов и уловов сахалино-хоккайдской сельди в дальневосточных российских водах, что позволяет специалистам отраслевой рыбохозяйственной науки осуществлять мониторинг процессов восстановления ее численности практически в режиме реального времени, используя для этого весь арсенал накопленных методов исследований [Планирование, организация и обеспечение..., 2005].

Одним из методов, направленных на оценку урожайности поколений сельди, является проведение так называемых «сеголеточных» съемок. Методика основана на

учете сеголеток в период их осенней миграции от мелководных прибрежных мест летнего обитания на шельф, где они становятся доступны для облова донными травами. Собственно сами учетные работы представляют собой стандартные донные траловые съемки [Борец, 1997] с той лишь разницей, что в куток донного трава вшивается мелкоячеистая сетная вставка для обеспечения полного учета молоди рыб.

Наиболее активно данная методика разрабатывалась специалистами КамчатНИРО (до 1994 г. — Камчатского отделения ТИНРО, в настоящее время — Камчатский филиал ВНИРО), которые оценку относительных и абсолютных величин обилия поколений и изучение биологии сеголеток корфо-карагинской сельди проводили в период с 1960-х до середины 2000-х гг. [Качина, Акимов, 1972; Качина, 1981; Балыкин и др., 1991; Науменко, 2001; Золотов и др., 2004; Трофимов, 2017].

В осенний период 2024–2025 гг. специалистами дальневосточных филиалов ВНИРО был выполнен ряд донных траловых съемок в юго-западной части Охотского моря и у южных Курильских островов, в уловах которых массово облавливались сеголетки сахалино-хоккайдской сельди. В связи с этим в настоящей работе предполагалось проанализировать особенности их распределения, оценить их численность, а также обсудить возможность использования результатов таких исследований в прогностических целях.

Материалы и методы

Работа основана на результатах трех донных траловых съемок, выполненных в 2024–2025 гг. в Восточно-Сахалинской подзоне (61.05.3) и Южно-Курильской зоне (61.04) (рис. 2). В 2024 г. исследования проводились в период с 15 октября по 10 ноября на НИС «Владимир Сафонов» в заливах Терпения, Анива и у юго-восточного побережья о. Сахалин. Количество станций донной траловой съемки — 76. Аналогичные исследования в 2025 г. были выполнены с 7 октября по 11 ноября на НИС «Дмитрий с.ш.

Песков». Всего было отработано 84 траления. Донная траловая съемка на шельфе и материковом склоне южных Курильских островов на НИС «Дмитрий Песков» выполнена в период с 11 сентября по 5 октября 2025 г. Количество станций — 95. Таким образом, все исследования проводились в осенний период в сопоставимые сроки.

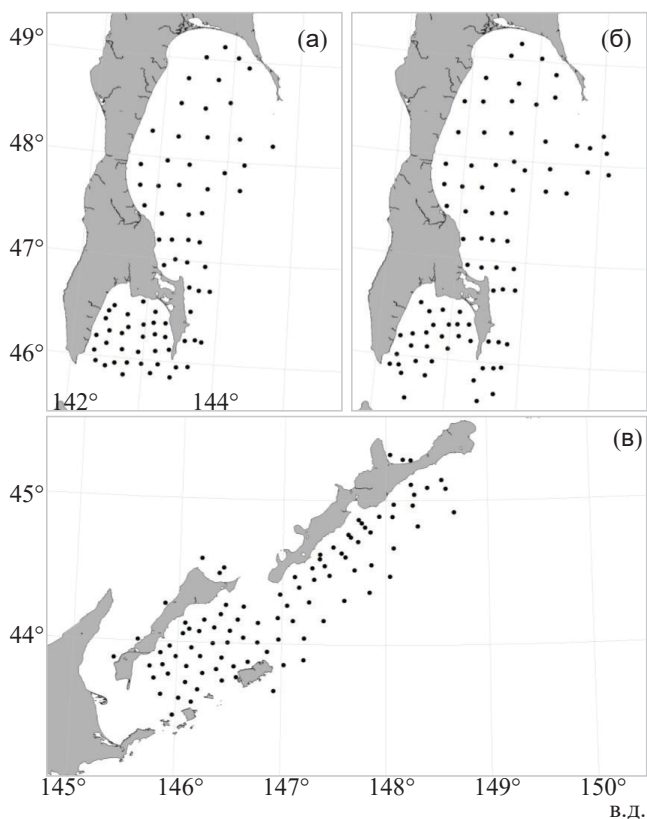


Рис. 2. Расположение станций донных траловых съемок в 2024 г. (а) и 2025 г. (б, в)

Fig. 2. Scheme of bottom trawl surveys in 2024 (a) and 2025 (b, v)

Съемки осуществлялись по общепринятым методикам [Борец, 1997]. Траления продолжались от 5 до 30 мин в светлое время суток донным тралом ДТ/ТВ–27,1 с мелкоячеистой вставкой в куток. Горизонтальное раскрытие трала составляло 16 м. При сравнительном анализе количественных показателей улова сеголеток на станциях съемок пересчитывали к «стандартному» тралению продолжительностью 30 мин на скорости 3,0 уз.

На каждой станции сеголеток сельди в уловах учитывали отдельно от взрослых особей. Рыб из обеих выборок подвергали массовым промерам (МП) либо биологическому анализу. На этапе разбора уловов в группу «сеголетки» относили особей длиной менее 15 см по АС, в группу «взрослые» — всех остальных. В траловые карточки уловов информацию по этим группам также вносили раздельно. Подобный подход, однако, не исключал попадания в группу «сеголетки» отдельных медленно растущих особей старших генераций. Поэтому в настоящей работе дополнительно был выполнен анализ общего размерного состава уловов тихоокеанской сельди для каждой из траловых съемок, для чего размерный состав обеих групп пересчитывали к улову в экземплярах на «стандартное» траление и объединяли. Эти же стандартизованные данные впоследствии использовали при анализе плотности уловов сеголеток в каждом из тралений.

Общее количество сеголеток, измеренных в ходе процедуры МП, без пересчета в экземплярах на траление, составило: зал. Анива, 2024 г. — 226 экз., 2025 г. — 1002 экз.; зал. Терпения, 2025 г. — 90 экз.; южные Курильские острова, 2025 г. — 1806 экз.

Расчеты численности сеголеток по данным съемок, построение карт распределения и подготовку графического материала осуществляли с использованием ГИС «Карт-мастер» [Бизиков и др., 2007]. Оценку численности производили методом полигонов Вороного, реализованным в данной ГИС. Коэффициент уловистости для тихоокеанской сельди при донных тралениях принят равным 0,1 [Борец, 1997].

Численность и биомассу сельди поколений 2024–2025 годов рождения рассчитывали с помощью обращенной вперед когортной процедуры [Бабаян, 2000] с использованием полученных ранее при исследовании особенностей биологии сахалино-хоккайдской сельди о. Кунашир оценок естественной смертности, средней массы и доли рыб, достигших промысловой длины [Золотов и др., 2022].

При оценке численности для выработки критерия отнесения сельди длиной 6–15 см к сеголеткам использовали данные по росту ее отдельных возрастных групп, полученные в 2020–2021 гг. на основе метода обратных расчислений при формировании размерно-возрастных ключей [Золотов и др., 2022; Золотов, 2024б]. Эти материалы были дополнены в ходе последующих аналогичных работ в 2022–2023 гг. В целом использованы данные по определению темпов линейного роста 640 особей сахалино-хоккайдской сельди, которые у рыб с завершенным зимним годовым кольцом (годовики, двухгодовики и т.д.) характеризуют рост по состоянию на начало мая каждого года [Золотов и др., 2022].

Промысловая статистика вылова сельди за период с 1876 по 2015 г. взята из публикации Э.Р. Ившиной [2021] и дополнена современными данными за 2016–2025 гг. из Отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ) Росрыболовства (ранее — информационная система «Рыболовство»).

Статистическую обработку данных проводили по стандартным методикам [Лаккин, 1980].

Результаты и их обсуждение

Анализ размерного состава уловов. Размерный состав уловов сельди в период проведения донных траловых съемок в 2024–2025 гг. в заливах юго-восточного и восточного Сахалина и на шельфе южных Курильских островов представлен на рис. 3.

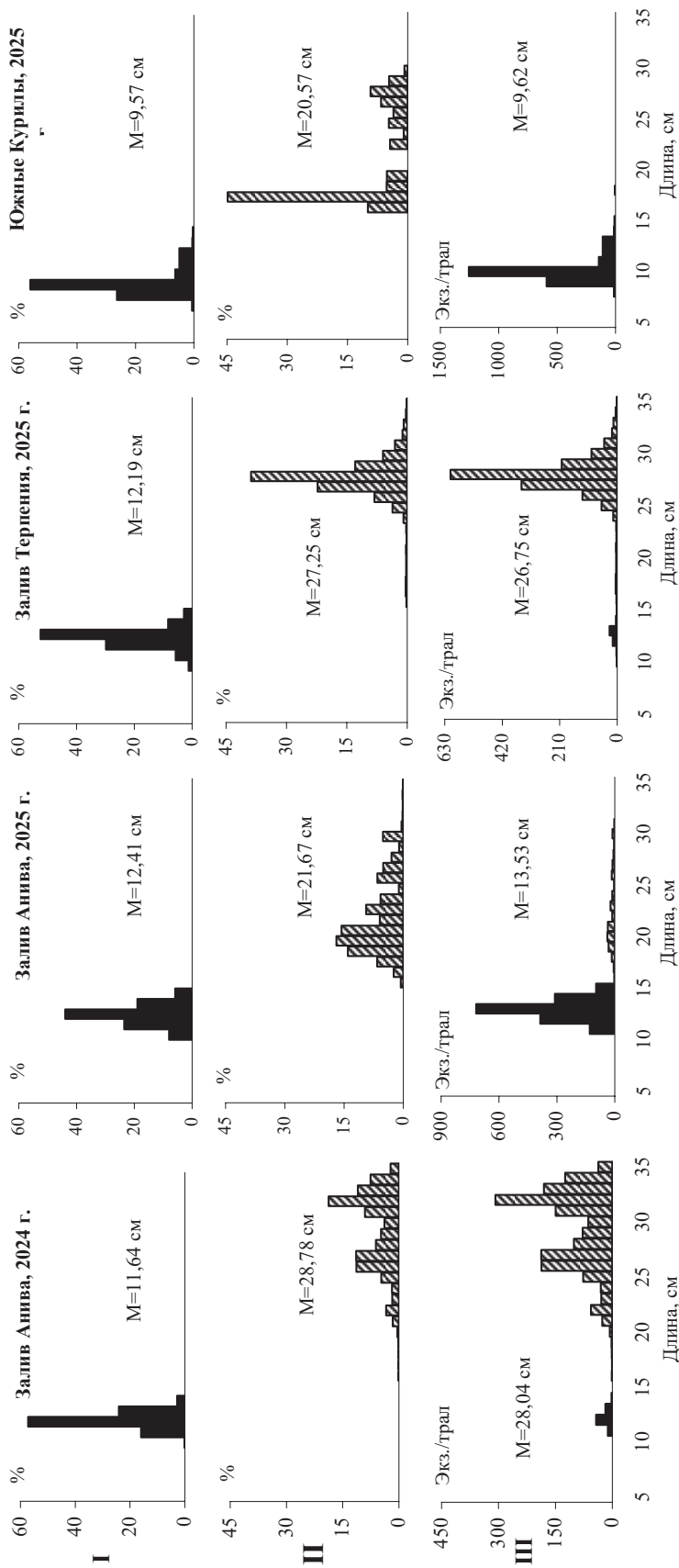


Рис. 3. Размерный состав тихоокеанской сельди в период проведения донных траловых съемок в 2024–2025 гг.: **I** — «сеголетки», особи длиной 6–15 см; **II** — «взрослые», особи длиной 16 см и больше; **III** — обобщенный состав, приведенный к улову на стандартное траление, экз./трал.
Fig. 3. Size composition of pacific herring on the data of bottom trawl surveys in 2024–2025: **I** — fish of the length 6–15 cm identified as underyearlings; **II** — fish of the length 16 cm or more identified as adults; **III** — generalized size composition, specimens per hourly trawling

Рассмотрены как относительный вклад размерных групп в вариационные ряды, сформированные по двум выборкам — «сеголетки» и «взрослые особи» (рис. 3, I–II), так и обобщенные размерные составы сельди по районам, пересчитанные в экземплярах на «стандартное» траление (рис. 3, III).

Как можно видеть, в 2024 г. в зал. Анива в уловах были отмечены особи сельди длиной от 9 до 35 см. Доминировали рыбы размером от 25 до 28 см, на долю которых приходилось около 32 % по численности, и от 31 до 34 см (44 %). Средняя длина составила 28,04 см.

Вклад группы «сеголетки» в обобщенный размерный состав оценивался величиной 4,3 %. Доля рыб переходных размеров, от 16 до 20 см включительно, не превышала 0,72 %.

Среди сеголеток (рис. 3, I) преобладали особи длиной 12–13 см — 81,2 % общей численности этой группы. Средняя длина составила $11,64 \pm 0,09$ см.

В 2025 г. в зал. Анива в размерном составе уловов тихоокеанской сельди отмечались рыбы длиной от 11 до 35 см (рис. 3, III). Сеголетки являлись доминирующей группой в обобщенном вариационном ряду, их доля достигала 88 %. Вклад рыб переходной группы (16–20 см) составлял 4,86 %. Средняя длина сельди в осенний период 2025 г. в целом 13,53 см.

У сеголеток (рис. 3, I) доминировали рыбы размером 12–14 см — 86,5 % по численности. Средняя длина рыб этой группы составила $12,41 \pm 0,09$ см. Среди взрослых рыб преобладали особи размером 19–23 см, их доля — около 61,9 % уловов.

В зал. Терпения осенью 2025 г. уловы тихоокеанской сельди были представлены в основном взрослыми рыбами (рис. 3, III) длиной 26–30 см — около 85,1 % общей численности. Средняя длина рыб в данном районе в период исследований составила 26,8 см.

Вклад сеголеток в обобщенный размерный состав не превышал 3,28 %, а переходной группы — 1,32 %. Если рассматривать сеголеток отдельно (рис. 3, I), то среди них доминировали рыбы длиной 12–13 см, на долю которых приходилось 82,2 %, их средняя длина оценивалась величиной $12,19 \pm 0,09$ см.

Наиболее выраженным было доминирование сеголеток сельди в уловах на шельфе южных Курильских островов в сентябре–октябре 2025 г. (рис. 3, III). Несмотря на то что в обобщенном размерном составе были представлены особи длиной от 6 до 35 см, на долю сеголеток приходилось около 99,6 % общей численности. Вклад рыб переходной группы, особей длиной от 16 до 20 см, не превышал 0,28 %. Средняя длина сельди в уловах в целом составила 9,62 см.

Доминирующими размерными группами у сеголеток южнокурильского шельфа были рыбы длиной 9–10 см, вклад которых оценивался величиной 82,3 % (рис. 3, I). Их средняя длина составила $9,57 \pm 0,12$ см.

Выбор критерия для оценки численности сеголеток. Очевидно, что выработка строгого правила для отделения выловленных сеголеток от медленнорастущих особей старших генераций на основе только лишь информации о размерном составе уловов представляет собой трудноразрешимую задачу, тем более что их количественное соотношение в переходных группах будет зависеть не только от скорости роста, но и от численности смежных поколений.

Однако если такой критерий нельзя строго определить, то его можно попытаться оценить в виде некоторого предельного размерного интервала, позволяющего отделить долю сеголеток в правой части вариационного ряда, попадающего в переходную зону между быстрорастущими сеголетками и особями старших генераций, обладающими замедленной скоростью линейного роста. Оставшаяся часть сеголеток в левой части ряда при определении урожайности поколения по данным учетных съемок даст оценку «снизу», т.е. позволит рассчитать минимально возможную численность с учетом принятых допущений.

Для определения такого предельного размерного интервала полагаем возможным использовать имеющиеся результаты по оценке скорости линейного роста сахалино-хоккайдской сельди на основе метода обратных расчислений [Золотов и др., 2022]. На рис. 4 представлены осредненные размерные составы годовиков, двух- и трехгодовиков тихоокеанской сельди, основанные на оценке годовых приростов рыб поколений 2013–2021 годов рождения, выловленных в прибрежной зоне о. Кунашир [Золотов, 2024а]. Как можно видеть, в многолетнем аспекте размерные ряды дают три выраженных максимума и длина рыб смежных поколений в весенний период различается значительно.

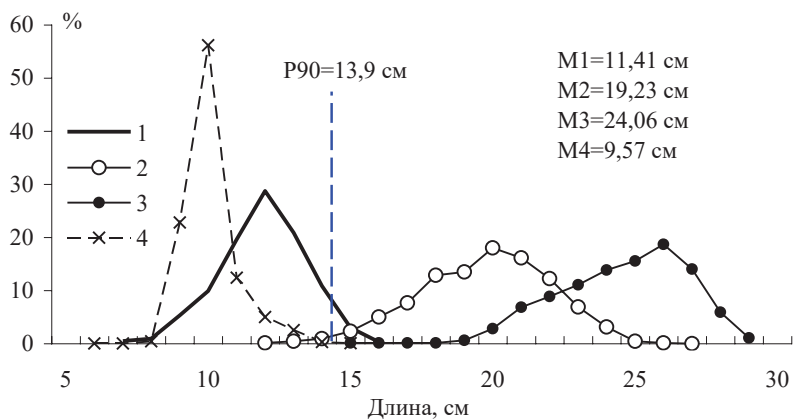


Рис. 4. Размерный состав отдельных возрастных групп сахалино-хоккайдской сельди южнокурильского шельфа: 1, 2, 3 — годовики, двух- и трехгодовики по данным метода обратных расчислений (по состоянию на начало мая); 4 — сеголетки в период проведения донной траловой съемки в сентябре-октябре 2025 г. Указаны средние размеры рыб. Пунктиром выделен 90-й перцентиль для размерного ряда годовиков

Fig. 4. Size composition for certain age groups of Sakhalin-Hokkaido herring caught in the bottom trawl survey on the shelf of southern Kuril Islands in September-October, 2025: 1, 2, 3 — 1-, 2-, and 3-yearlings, respectively (age determined for early May by inverse calculation method); 4 — underyearlings. M1, M2, M3, M4 — average size for the same groups. Dotted line limits 90 % of the 1-yearlings

Например, средняя длина годовиков сельди в этот период оценивалась величиной 11,4 см, двухгодовиков — 19,3 см, разность между двумя этими значениями составляла 7,9 см. Пересечения в размерах тела между годовиками и медленно растущими двухгодовиками наблюдались в диапазоне от 12 до 16 см, причем в эту группу попадали около 63,7 % первых и не более чем 8,9 % вторых.

Для того чтобы отделить часть особей, попадающих в переходную зону, и минимизировать таким образом воздействие особенностей роста, предлагаем использовать 90-й перцентиль размерного ряда годовиков P_{90} [Лакин, 1980, стр. 62–63], структурный элемент вариационного ряда, отделяющего 90 % значений в его левой части (рис. 4). Оцененная таким способом величина P_{90} для годовиков сахалино-хоккайдской сельди составила 13,9 см, ближайшая к ней правая граница размерного интервала — 14,0 см. Таким образом, согласно предлагаемому критерию к годовикам в весенний период в случае смешанных уловов следует отнести особей длиной от 7 до 14 см включительно. В этот диапазон попадает 95,2 % общей численности всех годовиков и не более 1,57 % медленно растущих двухгодовиков (рис. 4). Полагаем, что предлагаемый подход позволит снизить вероятность получения завышенных оценок численности поколений за счет особей старших генераций.

С учетом изложенного при расчетах численности сеголеток тихоокеанской сельди в 2024–2025 гг. в водах о. Сахалин и южных Курильских островов в предположении, что в межгодовом аспекте особенности линейного роста ее молоди не претерпевают

существенных отклонений от среднееголетнего уровня, предлагается использовать аналогичный подход. Рассчитанные описанным выше способом значения P_{90} для сеголеток составили: в зал. Анива в 2024 г. — 12,79 см (ближайшая правая граница ~ 13 см), в этом же районе в 2025 г. — 13,84 см (14 см), в зал. Терпения в 2025 г. — 14,30 см (14 см), на шельфе южных Курильских островов в 2025 г. — 11,64 см (12 см). Таким образом, из расчетов численности в первом случае были исключены особи длиной более 13 см, во втором и третьем — 14 см, в четвертом — свыше 12 см. В относительных величинах оценки численности при количественном анализе сократились соответственно на 2,8, 5,8, 2,8 и 5,7 %.

Распределение и оценка численности. Распределение молоди сельди в период проведения съемок представлено на рис. 3–4. В 2024 г. сеголетки в уловах донного трала встречались только в зал. Анива. Наибольшая плотность скоплений отмечалась в северной и северо-западной частях залива (рис. 5, а), в средних координатах $46^{\circ}25'$ с.ш. $142^{\circ}40'$ в.д., на глубинах 20–60 м (рис. 6). При этом свыше 80 % сеголеток было учтено на станциях, располагавшихся в батиметрическом диапазоне от 30 до 40 м.

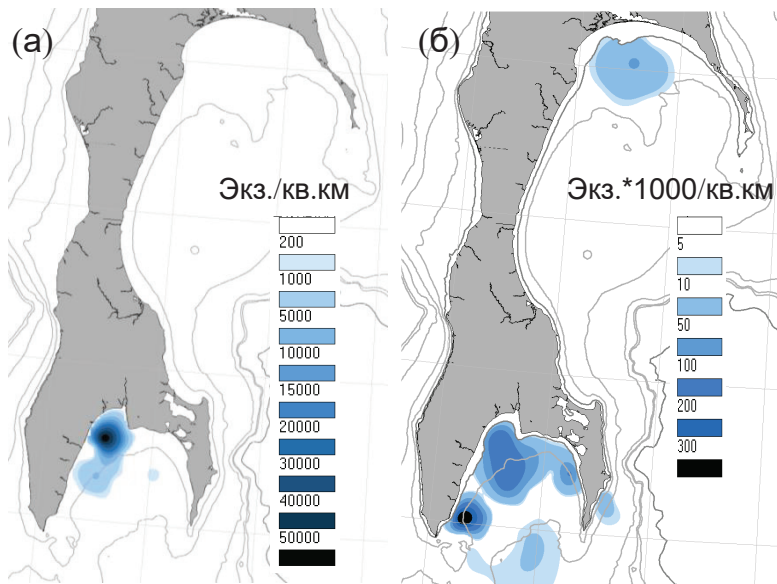


Рис. 5. Распределение сеголеток тихоокеанской сельди (экз./км²) в заливах о. Сахалин по данным донных траловых съемок в 2024 (а) и 2025 гг. (б)

Fig. 5. Spatial distribution of pacific herring underyearlings (specimens/km²) in the bays of Sakhalin Island on the data of bottom trawl surveys in 2024 (а) and 2025 (б)

Уловы на станциях варьировали в пределах от 1 до 2530 экз. и в среднем составляли 76,8 экз. в пересчете на стандартное получасовое траление. Встречаемость сеголеток в 2024 г. была невысокой и оценивалась в 13,2 %. Средняя плотность за период исследований составила 1679 экз./км². Численность учтенных сеголеток тихоокеанской сельди ($KY = 0,1$) в зал. Анива в октябре–ноябре 2024 г. оценена в 125,7 млн экз. (см. таблицу). В зал. Терпения и у юго-восточной оконечности о. Сахалин сеголетки в этот период не облавливались.

При проведении аналогичных исследований в зал. Анива осенью 2025 г. акватория распространения молоди сельди была существенно больше (см. рис. 5, б). Основным участком концентрации их скоплений оставались северная и северо-западная части залива, которые расширились почти до центра залива, а на юго-западе — практически до мыса Крильон, в координатах $46^{\circ}00'–46^{\circ}30'$ с.ш. $142^{\circ}20'–142^{\circ}50'$ в.д.

Кроме того, часть сеголеток распространялась и в восточном — юго-восточном направлении к мысу Анива. Незначительные концентрации отмечались в южной, открытой части залива, практически на границе между ИЭЗ России и Японии, а также у юго-вос-

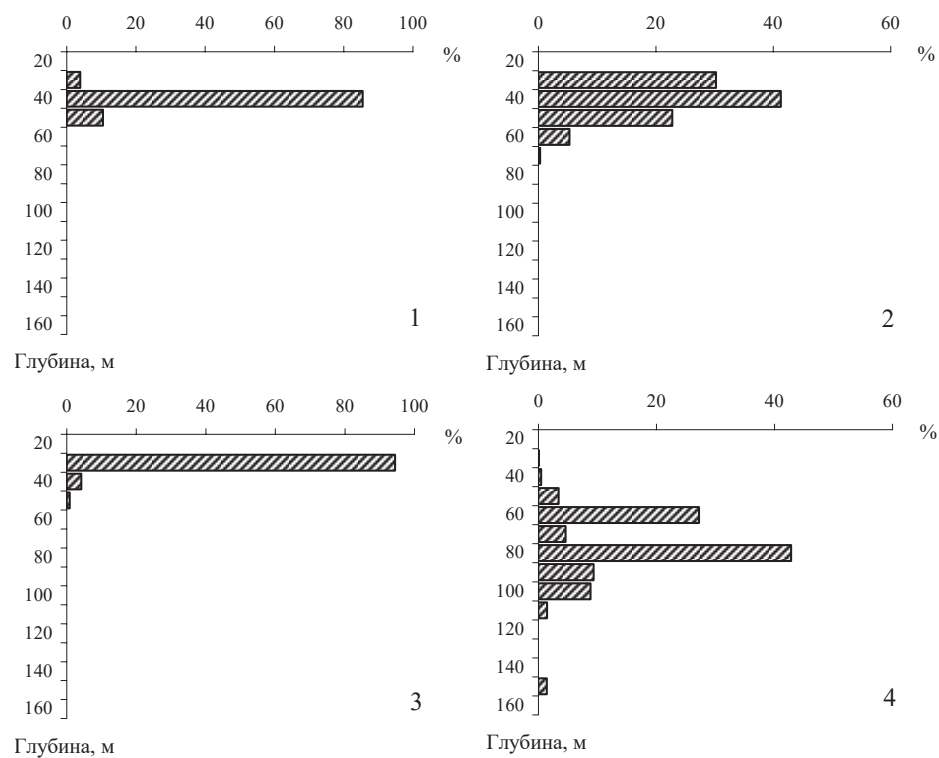


Рис. 6. Батиметрическое распределение сеголеток сельди по данным донных траловых съемок (% от максимальной плотности уловов): **1** — зал. Анива, 2024 г.; **2** — зал. Анива, 2025 г.; **3** — зал. Терпения, 2025 г.; **4** — южнокурильский шельф, 2025 г.

Fig. 6. Bathymetric distribution of herring yearlings on the data of bottom trawl surveys in Aniva Bay in 2024 (**1**), Aniva Bay in 2025 (**2**), Patience Bay in 2025 (**3**), and southern Kuril shelf in 2025 (**4**)

Результаты оценки численности и биомассы сахалино-хоккайдской сельди
поколений 2024–2025 годов рождения
Assessments of abundance and biomass for Sakhalin-Hokkaido herring hatched in 2024 and 2025

Воз- раст, год	Район, год наблюдений								Мгновенный коэффициент естественной смертности, М	Средняя масса, кг	Доля промыс- ловых рыб
	Зал. Анива, 2024		Зал. Анива, 2025		Зал. Терпения, 2025		Южные Курильские острова, 2025 г.				
	1	2	1	2	1	2	1	2			
0+	125,7		2420,0		440,0		5260,0		—	—	—
1	106,6	1,7	2051,9	32,8	373,1	6,0	4459,9	71,4	0,896	0,016	0,0
2	43,5	3,3	838,0	62,9	152,4	11,4	1821,4	136,6	0,605	0,075	0,0
3	23,8	3,6	457,5	69,1	83,2	12,6	994,3	150,1	0,617	0,151	0,0
4	12,8	2,7	246,9	52,8	44,9	9,6	536,6	114,8	0,655	0,214	1,0
5	6,7	1,8	128,3	33,9	23,3	6,2	278,9	73,6	0,722	0,264	1,0
6	3,2	1,0	62,3	19,0	11,3	3,5	135,5	41,3	0,825	0,305	1,0
7	1,4	0,5	27,3	9,0	5,0	1,6	59,4	19,5	0,977	0,329	1,0

Примечание. 1 — численность, млн экз., 2 — биомасса, тыс. т.

точного побережья о. Сахалин в районе мыса Свободного. Батиметрический диапазон обитания сеголеток расширился, и они облавливались на глубинах от 20 до 80 м, однако по-прежнему свыше 70 % их было учтено в мелководной зоне на глубинах до 40 м (рис. 6).

По сравнению с исследованиями осенью 2024 г. количественные показатели возросли более чем в 20 раз. Уловы варьировали от 1 до 16877 экз. на траление и в

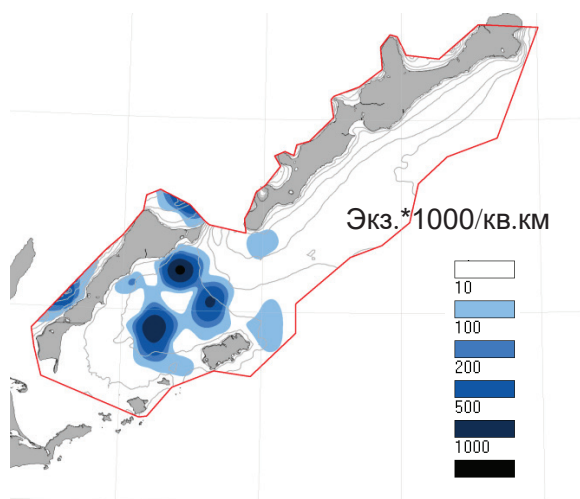
среднем составили 1543 экз. Средняя плотность — 34715 экз./км². Встречаемость сеголеток тихоокеанской сельди в зал. Анива в октябре-ноябре 2025 г. также возросла почти втрое и в среднем составила 41,7 %. А их общая численность была оценена величиной 2420 млн экз. ($KU = 0,1$), что почти в 19 раз больше, чем по результатам аналогичной съемки в 2024 г.

В 2025 г. сеголетки тихоокеанской сельди были учтены и в зал. Терпения (см. рис. 5, б). Основным районом их скоплений был участок, расположенный в северной части залива напротив оз. Невского, в средних координатах 49°00' с.ш. 143°30' в.д., на глубинах от 20 до 30 м, где концентрировалось свыше 90 % общей численности. Уловы варьировали в пределах от 23 до 2300 экз. и в среднем составляли 51,7 экз. в пересчете на стандартное траление. Средняя встречаемость достигала 8,3 %, средняя плотность — 1163 экз./км². Численность учтенных сеголеток тихоокеанской сельди в зал. Терпения составила 440 млн экз.

Наибольшее количество сеголеток сахалино-хоккайдской сельди в 2025 г. было учтено на шельфе южных Курильских островов (рис. 7). Их основные скопления отмечались на участке южнокурильского мелководья, между о-вами Шикотан и Кунашир, от 43°50' до 44°15' с.ш. и от 146°10' до 146°40' в.д. Из-за высокой численности сеголеток придонный батиметрический диапазон, в котором они облавливались, был чрезвычайно широк — от 30 до 160 м, однако наибольшие концентрации отмечались в интервалах 60–70 и 80–90 м (см. рис. 6), где было учтено около 70 % по численности. При этом отдельные уловы молоди были зафиксированы не только на тихоокеанских шельфовых участках о. Кунашир, но и на мелководье глубоководных заливов с его охотоморской стороны.

Рис. 7. Распределение сеголеток тихоокеанской сельди (экз./км²) на шельфе южных Курильских островов по данным донной траловой съемки в 2025 г.

Fig. 7. Spatial distribution of pacific herring underyearlings (specimens/km²) on the shelf of southern Kuril Islands on the data of bottom trawl survey in 2025



Уловы сеголеток у южных Курильских островов в сентябре-октябре 2025 г. варьировали в пределах от 1 до 52573 экз. и в среднем составляли 2002 экз. на стандартное траление. Встречаемость достигала 49,5 %, средняя плотность — 45036 экз./км². Численность учтенных сеголеток тихоокеанской сельди в районе южных Курильских островов в сентябре-октябре 2025 г. составила 5260 млн экз.

Характерной чертой биологии тихоокеанской сельди является выраженная приуроченность скоплений ее личинок и молоди к районам размножения [Качина, 1981; Науменко, 2001]. Поэтому обнаружение крупных концентраций сеголеток в заливах Анива, Терпения и у о. Кунашир явно свидетельствует о наличии устойчивых участков воспроизводства. Причем резкое увеличение количества учтенных особей в зал. Анива от 2024 к 2025 г., видимо, является косвенным подтверждением предположения о росте численности сахалино-хоккайдской сельди.

Также следует отметить, что все три обследованных района обитания сеголеток в осенний период достаточно компактны и характеризуются «удобным» рельефом

дна, с небольшим перепадом глубин и грунтами, пригодными для выполнения донных траловых исследований. Этот фактор облегчает проведение «сеголеточных» съемок на акваториях, рассматриваемых в настоящей работе, однако его следует принимать во внимание и при планировании и организации аналогичных исследований в смежных районах. Например, у юго-западного побережья о. Сахалин в Татарском проливе, где нерестилища сахалино-хоккайдской сельди ранее также были локализованы [Ившина, 2022б], при наметившейся тенденции к росту численности популяции, вероятно, появление здесь скоплений сеголеток — всего лишь вопрос времени.

Ранее, при попытках распространить положительный опыт учета сеголеток на группировку озерных сельдей, обитающих в оз. Нерпичьем, сеголетки и молодь которой нагуливаются в Камчатском заливе у восточного побережья п-ова Камчатка, было выяснено, что в районах с резким свалом глубин и преимущественно вулканическим дном сеголетки в осенний сезон предпочитают держаться на самых мелководных участках, на глубинах, не доступных для обследования донными тралами [Трофимов и др., 2009]. Принимая во внимание, что орография дна у юго-западного Сахалина имеет сходный характер, можно предположить, что часть сеголеток при проведении съемок в этом районе может недоучитываться.

Что касается непосредственно полученных количественных оценок, то с учетом принятых ранее допущений суммарно в осенний период 2025 г. было учтено не менее 8,12 млрд экз. сеголеток сахалино-хоккайдской сельди, свыше 67 % из которых — на южнокурильском мелководье (см. таблицу). Насколько реальны полученные оценки и насколько они велики?

Очевидно, что на фоне того, что сахалино-хоккайдская популяция тихоокеанской сельди длительное время находилась в депрессии и ее сеголетки в уловах осенних донных траловых съемок практически не встречались, любые оценки на уровне 440–5260 млн экз. будут восприниматься как экстремально высокие. Но если сопоставить их, например, с результатами аналогичных исследований в Карагинском и Олюторском заливах в 2000–2002 гг. [Золотов и др., 2004], то можно отметить следующее.

Оценки численности генераций корфо-карагинской сельди в 2000 и 2002 гг. по данным сеголеточных съемок в Карагинском и Олюторском заливах составили 2,98 и 3,16 млрд экз. При этом оба этих поколения по численности были несколько выше среднепогодного уровня, но оценивались не более как среднеурожайные. Нерестовая биомасса корфо-карагинской сельди к этому времени находилась в фазе очередного циклического снижения от среднего уровня запаса к низкому и составляла 200–350 тыс. т [Бонк, Золотов, 2004; Золотов и др., 2004]. По порядку величин эти оценки пополнения вполне сопоставимы с результатами, полученными по данным траловых исследований, проведенных в 2025 г. в водах Сахалина и южных Курильских островов.

Учитывая, что запасы сахалино-хоккайдской сельди только начали восстанавливаться, а в период высокой численности популяции один лишь вылов в Сахалино-Курильском регионе достигал 100–250 тыс. т (см. рис. 1), можно предположить, что численность сеголеток на уровне 8 млрд экз., учтенных в заливах восточного Сахалина и у южных Курильских островов в 2025 г., не является экстремальной и последующие генерации могут быть более обильными.

В любом случае, как бы впоследствии ни оценивалось поколение сахалино-хоккайдской сельди 2025 года рождения — высоко-, средне- или низкоурожайным, — с учетом естественной смертности к возрасту достижения его особями промыслового размера (4 года) вклад только этой генерации в промысловый запас в 2029 г. может быть предварительно оценен величинами: 9,6 тыс. т — в зал. Терпения, 52,8 тыс. т — в зал. Анива и 114,8 тыс. т — у южных Курильских островов (см. таблицу).

Обобщая изложенное, можно заключить, что «сеголеточные» съемки представляются довольно перспективным инструментом мониторинга пополнения сахалино-хоккайдской сельди в водах о. Сахалин и у южных Курильских островов. С учетом

представленных выше результатов и принимая во внимание выраженную тенденцию к росту запасов популяции, представляется актуальным попытаться организовать аналогичные исследования у юго-западного побережья о. Сахалин и в восточной части Татарского пролива, где вероятность обнаружения сеголеток сельди достаточно высока, а также рассмотреть вопрос об организации таких работ на периодической основе.

Коротко коснемся вопросов различий в размерном составе сеголеток из обследованных районов (см. рис. 3). Было выяснено, что сеголетки, облавливавшиеся в сентябре-октябре 2025 г. на шельфе южных Курильских островов, имели достоверно меньшую длину тела, чем во всех остальных районах. Можно предположить, что условия нагула и, следовательно, скорость роста на ранних этапах онтогенеза в этих районах заметно различаются. Однако ранее не отмечали значимых различий в темпах линейного роста сахалино-хоккайдской сельди из разных районов Сахалино-Курильского региона [Науменко, 2001; Перов, 2021, Золотов и др., 2022].

В связи с этим более правдоподобным представляется предположить, что указанные различия в размерном составе, с одной стороны, обусловлены тем, что донная траловая съемка у южных Курильских островов осенью 2025 г. была проведена в среднем на месяц раньше аналогичных исследований у о. Сахалин в 2024–2025 гг. С другой стороны, массовый нерест сахалино-хоккайдской сельди в зал. Анива и у юго-западного Сахалина в последние годы происходит в начале — второй декаде апреля (<http://www.sakhniro.vniro.ru/news/873>, 2024; <https://sakh.online/news/18/2025-04-18/seledka-podoshla-k-beregu-v-korsakovskom-rayone-469770>, 2025), а у южных Курильских островов — примерно на месяц позже и более растянут во времени [Перов, 2021; Золотов и др., 2022]. Таким образом, относительно сроков выклева сеголетки, облавливаемые на южнокурильском шельфе, были примерно на два месяца младше особей, учтенных в 2024 г. в заливах Анива и Терпения, чем, видимо, и объясняются отмеченные различия в их размерах.

Заключение

На основе результатов донных траловых съемок, выполненных в Восточно-Сахалинской подзоне (61.05.3) и Южно-Курильской зоне (61.04), проанализированы особенности распределения и размерного состава сеголеток сахалино-хоккайдской сельди в осенний период 2024–2025 гг. и определена их численность.

Наибольшая плотность скоплений сеголеток в зал. Анива отмечалась в его северной и северо-западной частях на глубинах до 40 м. По мере увеличения численности сеголеток в 2024–2025 гг. наблюдалось расширение их нагульного ареала от северной части залива в юго-западном и юго-восточном направлениях, вплоть до границы с ИЭЗ Японии. Часть молоди облавливалась у юго-западного побережья о. Сахалин.

В зал. Терпения основным районом концентрации сеголеток был участок, расположенный в северной части, напротив оз. Невского, на глубинах от 20 до 30 м.

Наибольшее количество сеголеток было учтено на шельфе южных Курильских островов. Основные скопления отмечались на участке южнокурильского мелководья, между о-вами Шикотан и Кунашир, в батиметрическом диапазоне от 30 до 160 м. Наибольшие концентрации наблюдались на глубинах 60–70 и 80–90 м, где было учтено около 70 % по численности. Отдельные уловы сеголеток фиксировались не только с тихоокеанской стороны о. Кунашир, но и на его охотоморском шельфе.

По результатам проведенных исследований оценки численности сеголеток составили: в зал. Анива в 2024 г. — 125,7 млн экз., в 2025 г. — 2420 млн экз.; в зал. Терпения в 2025 г. — 440 млн экз.; у южных Курильских островов в 2025 г. — 5260 млн экз. Суммарно в осенний период 2025 г. в трех районах было учтено около 8,12 млрд экз. сеголеток сахалино-хоккайдской сельди, свыше 67 % из которых — на южнокурильском мелководье. К возрасту достижения особями поколения 2025 года рождения промыслового размера их вклад в промысловый запас в 2029 г. может быть предварительно оценен

величиной 9,6 тыс. т — в зал. Терпения, 52,8 тыс. т — в зал. Анива и 114,8 тыс. т — у южных Курильских островов.

С учетом полученных результатов «сеголеточные» съемки представляются перспективным инструментом оценки пополнения сахалино-хоккайдской сельди в водах о. Сахалин и южных Курильских островов.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают благодарность сотрудникам, осуществлявшим сбор материалов в период донных траловых съемок.

The authors are thankful to their colleagues who collected samples for the study in the bottom trawl surveys.

Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The study had no sponsorship.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

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

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

All applicable international, national and/or institutional principles for the care and use of animals have been observed.

The authors state that they have no conflict of interest.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

Концепция исследования — А.В. Буслов, А.О. Золотов; обработка материалов исследований, обработка промысловой статистики, подготовка графического материала — А.О. Золотов; написание текста — А.О. Золотов, А.В. Буслов; редакторская правка — А.В. Буслов. Совместно обсуждены полученные результаты.

Research concept — A.V. Buslov and A.O. Zolotov; processing of research materials and fishery statistics — A.O. Zolotov; the results analyzing and discussing, writing the text — A.O. Zolotov and A.V. Buslov; illustrating the article — A.O. Zolotov; the text editorial editing — A.V. Buslov.

Список литературы

Бабаян В.К. Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ). Анализ и рекомендации по применению : моногр. — М. : ВНИРО, 2000. — 192 с.

Балыкин П.А., Балыкина Н.В., Бонк А.А. Распределение и рост молоди сельди и минтая в первые месяцы жизни // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа. — Петропавловск-Камчатский, 1991. — Вып. 1, ч. 1. — С. 133–143.

Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. Географическая информационная система «Картмастер» // Рыб. хоз-во. — 2007. — № 1. — С. 96–99. EDN: HWIQHJ.

Бонк А.А., Золотов А.О. О рациональном использовании запасов сельди западной части Берингова моря (корфо-карагинская популяция) // Рыб. хоз-во. — 2004. — № 5. — С. 32–35. EDN: NSIOZE.

Борец Л.А. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 1997. — 217 с.

Зверькова Л.М., Антонов Н.П. Промысел сахалино-хоккайдской («весенней») сельди *Clupea pallasii* // Вопр. рыб-ва. — 2017. — Т. 18, № 4. — С. 462–472. EDN: ZVMHVX.

Золотов А.О. Особенности современного промысла морских рыб в прибрежной зоне о. Кунашир // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2024а. — Вып. 73. — С. 20–41. DOI: 10.15853/2072-8212.2024.73.20-41. EDN: LCLAPU.

Золотов А.О. Использование метода обратных расчислений роста для определения возрастного состава уловов некоторых видов морских промысловых рыб // Изв. ТИНРО. — 2024б. — Т. 204, вып. 4. — С. 1003–1017. DOI: 10.26428/1606-9919-2024-1003-1017. EDN: WSMBSP.

Золотов А.О., Буслов А.В., Пономарев С.С. Особенности биологии и перспективы современного промысла тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* на шельфе южных Курильских островов // Изв. ТИНРО. — 2022. — Т. 202, вып. 2. — С. 283–304. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-283-304. EDN: APXTUS.

Золотов А.О., Дубинина А.Ю., Тепнин О.Б. Распределение и биологическое состояние сеголеток корфо-карагинской сельди *Clupea pallasii* Valenciennes (Clupeidae) в 2000–2002 гг. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2004. — Вып. 7. — С. 196–202.

Ившина Э.Р. Основные черты биологии и современное состояние запасов сельди (*Clupea pallasii* Valenciennes, 1847) юго-западного Сахалина : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Южно-Сахалинск, 2008. — 20 с.

Ившина Э.Р. Статистические данные по промыслу сельди у южного Сахалина в 1876–2020 гг. // Тр. СахНИРО. — 2021. — Т. 17. — С. 30–51. EDN: CEYYOC.

Ившина Э.Р. Современное состояние запасов сахалино-хоккайдской сельди *Clupea pallasii* у побережья о. Сахалин и южных Курильских островов // Изв. ТИНРО. — 2022а. — Т. 202, вып. 1. — С. 61–70. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-61-70. EDN: XCPXNP.

Ившина Э.Р. Распределение нерестилищ тихоокеанской сельди сахалино-хоккайдской и декастринской популяций у западного побережья о. Сахалин (Японское море) // Вопр. рыб.-ва. — 2022б. — Т. 23, № 2. — С. 201–215. DOI: 10.36038/0234-2774-2022-23-2-201-215. EDN: WPQFQL.

Качина Т.Ф. Сельдь западной части Берингова моря : моногр. — М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1981. — 121 с.

Качина Т.Ф., Акимова Р.Я. К биологии сеголеток корфо-карагинской сельди // Изв. ТИНРО. — 1972. — Т. 82. — С. 309–320.

Лакин Б.Ф. Биометрия : учеб. пособие. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Высш. шк., 1980. — 293 с.

Науменко Н.И. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока : моногр. — Петропавловск-Камчатский : Камчат. печат. двор, 2001. — 330 с.

Перов А.С. Новые сведения о нерестовой сельди у побережья о. Кунашир // Вопр. рыб.-ва. — 2021. — Т. 22, № 2. — С. 40–50. DOI: 10.36038/0234-2774-2021-22-2-40-50 EDN: DUHWIW.

Планирование, организация и обеспечение исследований рыбных ресурсов дальневосточных морей России и северо-западной части Тихого океана : моногр. / отв. ред. Л.Н. Бочаров, И.В. Мельников. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2005. — 231 с.

Пробатов А.Н. К вопросу о перемещениях основных концентраций нерестовой сельди в водах Южного Сахалина // ДАН СССР. — 1951. — Т. 80, вып. 5. — С. 825–828.

Пробатов А.Н. Колебания численности сахалино-хоккайдской сельди в связи с океано-логическими условиями // Тр. Океанограф. комиссии. — 1958. — Т. 3. — С. 124–125.

Пробатов А.Н. Подходы нерестовой сельди к западному побережью Южного Сахалина // Рыб. хоз.-во. — 1950. — № 2. — С. 24–28.

Пробатов А.Н. Распределение и численность нерестовой сельди у восточных берегов Японского моря // Изв. ТИНРО. — 1954. — Т. 39. — С. 21–58.

Пушникова Г.М. Сахалино-хоккайдская сельдь: численность и перспективы промысла // Рыб. хоз.-во. — 1994. — № 6. — С. 22–24.

Румянцев А.И. Современное состояние численности сахалино-хоккайдского стада сельди // Рыб. хоз.-во. — 1958. — № 4. — С. 3–9.

Рыбацкая летопись Сахалина и Курил / К.Е. Гапоненко, авт.-сост. — Южно-Сахалинск : Сахалинская обл. типография, 2011. — 490 с.

Световидов А.Н. Колебания уловов южносахалинской сельди и их причины // Зоол. журн. — 1952. — Т. 31, вып. 6. — С. 831–842.

Трофимов И.К. Критический обзор исследований размерного состава сеголеток корфо-карагинской сельди в уловах учетных донных траловых съемок в юго-западной части Берингова моря // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2017. — Вып. 46. — С. 5–23. DOI: 10.15853/2072-8212.2017.46.5-23. EDN: YMNKFB.

Трофимов И.К., Коваль М.В., Тепнин О.Б. и др. О распределении сеголетков сельди *Clupea pallasii* в Камчатском заливе // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2009. — Вып. 14. — С. 47–52. EDN: KZHGCJ.

Фадеев Н.С. О причинах длительной депрессии сахалино-хоккайдской сельди // Изв. ТИНРО. — 2003. — Т. 134. — С. 168–175. EDN: IBZNMZ.

Фридлянд И.Г. Размножение сельди у юго-западного берега Сахалина // Изв. ТИНРО. — 1951. — Т. 35. — С. 105–145. EDN: EHCTNZ.

References

Babayan, V.K., *Predostorozhnyi podkhod k otsenke obshchego dopustimogo ulova (ODU)* (The Precautionary Approach to the Assessment of Total Allowable Catch (TAC)), Moscow: VNIRO, 2000.

Balykin, P.A., Balykina, N.V., and Bonk A.A., Distribution and growth of juvenile herring and walleye pollock in the first months of life, in *Issledovaniya biologii i dinamiki chislennosti promyslovyykh ryb kamchatskogo shel'fa* (Research of biology and dynamics of the number of commercial fish on the Kamchatka shelf), Petropavlovsk-Kamchatsky, 1991, Iss. 1, part 1, pp. 133–143.

Bizikov, V.A., Goncharov, S.M., and Polyakov, A.V., The geographical informational system CardMaster, *Rybn. Khoz.*, 2007, no. 1, pp. 96–99. EDN: HWIQHJ

Bonk, A.A. and Zolotov, A.O., On rational use of herring stock from the western part of the Bering Sea (Korfo-Karaginsky population), *Rybn. Khoz.*, 2004, no. 5, pp. 32–35. EDN: NSIOZE

Borets, L.A., *Donnye ikhtiotseny rossiiskogo shel'fa dal'nevostochnykh morei: sostav, struktura, elementy funktsionirovaniya i promyslovoye znachenie* (Benthic Ichthyocoenes on the Russian Shelf of the Far Eastern Seas: Composition, Structure, Functioning Elements, and Commercial Significance), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 1997.

Zverkova, L.M. and Antonov, N.P., Fishing for the Sakhalin-Hokkaid (“spring”) herring *Clupea pallasii*, *Vopr. Rybolov.*, 2017, vol. 18, no. 4, pp. 462–472. EDN: ZVMHVX

Zolotov, A.O., Specifics of modern fishery of marine fish in the coastal zone of Kunashir Island, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2024, vol. 73, pp. 20–41. doi 10.15853/2072-8212.2024.73.20-41. EDN: LCLAPU

Zolotov, A.O., Using the method of inverse growth calculations to determine the age composition of catches for certain species of marine commercial fish, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 204, no. 4, pp. 1003–1017. doi 10.26428/1606-9919-2024-204-1003-1017. EDN: WSMBSF

Zolotov, A.O., Buslov A.V., and Ponomarev, S.S., Features of biology and prospects of modern fishery for pacific herring *Clupea pallasii* on the shelf of southern Kuril Islands, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2022, vol. 202, no. 2, pp. 283–304. doi 10.26428/1606-9919-2022-202-283-304. EDN: APXTUS

Zolotov, A.O., Dubinin, A.Yu., and Tepnin, O.B., Distribution and biological state of yearlings of Korfo-Karaginsky herring *Clupea pallasii* Valenciennes (Clupeidae) in 2000–2002, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2004, vol. 7, pp. 196–202.

Ivshina, E.R., The main features of biology and the current state of stocks of herring (*Clupea pallasii* Valenciennes, 1847) in southwestern Sakhalin, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Yuzhno-Sakhalinsk, 2008.

Ivshina, E.R., Herring fishery statistical data near southern Sakhalin from 1876 to 2020, Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas, *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2021, vol. 17, pp. 30–51. EDN: CEYYOC

Ivshina, E.R., The current status of the Sakhalin-Hokkaido herring (*Clupea pallasii*) stocks off the coasts of Sakhalin Island and the southern Kuril Islands, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2022, vol. 48, no. 7, pp. 601–607. Doi 10.1134/s1063074022070094. EDN: CAJAOE

Ivshina, E.R., Distribution of spawning grounds of Pacific herring Sakhalin-Hokkaido and Decastri population off the west coast Sakhalin Island (Japan Sea), *Vopr. Rybolov.*, 2022, vol. 23, no. 2, pp. 201–215. Doi 10.36038/0234-2774-2022-23-2-201-215. EDN: WPQFQL

Kachina, T.F., *Herring of the western part of the Bering Sea* (Sel'd zapadnoy chasti Beringova morya), Moscow: Legkaya i Pishchevaya Promyshlennost', 1981.

Kachina, T.F. and Akimova, R.I., To the biology of Korfo-Karaginsk herring in the 1-st year of life, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1972, vol. 82, pp. 309–320.

Lakin, G.F., *Biometriya* (Biometrics), Moscow: Vysshaya Shkola, 1980, 3rd ed.

Naumenko, N.I., *Biologiya i promysel morskikh sel'dei Dal'nego Vostoka* (Biology and Harvesting of Sea Herring in the Far East), Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatsky Pechatny Dvor, 2001.

Perov, A.S., New information about spawning herring off the coast of Kunashir Island, *Vopr. Rybolov.*, 2021, vol. 22, no. 2, pp. 40–50. Doi 10.36038/0234-2774-2021-22-2-40-50. EDN: DUHWIW

Planirovanie, organizatsiya i obespechenie issledovaniy rybnykh resursov dal'nevostochnykh morei Rossii i severo-zapadnoi chasti Tikhogo okeana (Planning, Conducting and Support of Fishery Resource Studies in the Far Eastern Seas of Russia and North-West Pacific Ocean), Bocharov, L.N., Melnikov, I.V., eds, Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2005.

Probatov, A.N., On the issue of movements of the main concentrations of spawning herring in the waters of South Sakhalin, *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 1951, vol. 80, no. 5, pp. 825–828.

Probatov, A.N., Fluctuations in the number of Sakhalin-Hokkaid herring due to oceanological conditions, *Tr. Okeanogr. Kom. Akad. Nauk SSSR*, 1958, vol. 3, pp. 124–125.

Probatov, A.N., Approaches of spawning herring to the western coast of South Sakhalin, *Rybn. Khoz.*, 1950, no. 2, pp. 24–28.

Probatov, A.N., Distribution and abundance of spawning herring off the eastern shores of the Sea of Japan, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1954, vol. 39, pp. 21–58.

Pushnikova, G.M., Sakhalin-Hokkaido herring: abundance and prospects for fishing, *Rybn. Khoz.*, 1994, no. 6, pp. 22–24.

Rumyantsev, A.I., The current state of the population of the Sakhalin-Khokkaido herring herd, *Rybn. Khoz.*, 1958, no. 4, pp. 3–9.

Gaponenko, K.E., *Rybatskaya letopis' Sakhalina i Kuril* (Fisherman's Chronicle of Sakhalin and the Kuriles), Yuzhno-Sakhalinsk: Sakhalinskaya obl. tipografiya, 2011.

Svetovidov, A.N., Fluctuations in catches of South Sakhalin herring and their causes, *Zool. Zh.*, 1952, vol. 31, no. 6, pp. 831–842.

Trofimov, I.K., The critical review of the Korf-Karagin herring underyearling size composition in the catches of bottom trawl surveys in the south-western part of the Bering Sea, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2017, vol. 46, pp. 5–23. Doi 10.15853/2072-8212.2017.46.5-23. EDN: YMKNFB

Trofimov, I.K., Koval, M.V., Tepnin, O.B., Zolotov, A.O., and Kondrashenkov, E.L., On the distribution of young-of-the-year herring *Clupea pallasii* in the Kamchatsky Gulf, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2009, vol. 14, pp. 47–52. EDN: KZHGCJ

Fadeev, N.S., On the reasons of long depression of Sakhalin-Hokkaido herring, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2003, vol. 134, pp. 168–175. EDN: IBZNMZ

Fridland, I.G., Herring breeding off the southwestern coast of Sakhalin, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1951, vol. 35, pp. 105–145. EDN: EHCTNZ

<http://www.sakhniro.vniro.ru/news/873>. Cited March 1, 2026.

<https://sakh.online/news/18/2025-04-18/seledka-podoshla-k-beregu-v-korsakovskom-ray-one-469770>. Cited March 1, 2026.

Поступила в редакцию 23.03.2026 г.

После доработки 20.05.2026 г.

Принята к публикации 15.06.2026 г.

*The article was submitted 23.03.2026; approved after reviewing 20.05.2026;
accepted for publication 15.06.2026*

Научная статья

УДК 595.384.2–113.4(265.53)

DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-298-315

EDN: WPDFES



ОСОБЕННОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА И ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ РОСТА *CHIONOECETES ANGULATUS* (DECAPODA: OREGONIIDAE) В РАЙОНЕ ВПАДИНЫ ТИНРО ОХОТСКОГО МОРЯ

А.Н. Деминов¹, О.Ю. Борилко¹, Д.В. Артеменков², Е.В. Руднева^{2*}¹ Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4;² Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства
и океанографии, 105187, г. Москва, Окружной проезд, 19

Аннотация. Представлены результаты детального исследования биологии краба-стригуна ангулятуса *Chionoecetes angulatus* в глубоководной впадине ТИНРО (Охотское море). Материал собран в ходе комплексных донных траловых съемок в летне-осенние (2010, 2012 гг.) и весенний (2018 г.) периоды. Установлено, что скопления вида приурочены к глубинам 540–980 м с температурой от 0 до 2 °С. Выявленное преобладание самцов относительно самок в уловах следует интерпретировать с осторожностью в связи со спецификой уловистости орудий лова (соотношение полов от 1,00 : 0,16 до 1,00 : 0,69 и их биомассы 596–1002 кг/км² у самцов против 55–189 кг/км² у самок). Диапазон размеров ширины карапакса у самцов составил 12–171 мм, у самок — 17–99 мм. Методом аллометрии клешни определены размеры наступления функциональной зрелости у самцов: $SW_{50} = 100,8$ мм, $SW_{75} = 112,9$ мм, $SW_{100} = 151,7$ мм. Размер SW_{50} для впадины ТИНРО превышает показатель для популяции восточной части Берингова моря (91,4 мм), что свидетельствует о более позднем созревании. Первично оценены параметры роста: предельная ширина карапакса составила 147,2 мм для самцов и 81,6 мм для самок; расчетный размер физиологической половозрелости — соответственно 67,5 и 49,4 мм. Выявлена четкая сезонная динамика, а именно линька самцов достигает пика в конце весны — в начале лета, а репродуктивный цикл самок синхронизирован и характеризуется доминированием особей с наружной икрой, отложенной на плеоподы в летне-осенний период.

Ключевые слова: краб-стригун ангулятус, *Chionoecetes angulatus*, Охотское море, впадина ТИНРО, рост, линочный цикл, половое созревание

Для цитирования: Деминов А.Н., Борилко О.Ю., Артеменков Д.В., Руднева Е.В. Особенности жизненного цикла и оценка параметров роста *Chionoecetes angulatus* (Decapoda: Oregoniidae) в районе впадины ТИНРО Охотского моря // Изв. ТИНРО. — 2026. — Т. 206, вып. 2. — С. 298–315. DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-298-315. EDN: WPDFES.

* Деминов Андрей Николаевич, главный специалист, andrei.deminov@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0008-5879-5359; Борилко Олег Юрьевич, заведующий сектором, oleg.borilko@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0007-7486-8215; Артеменков Дмитрий Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, dmitriy.artemenkov@gmail.com, ORCID 0000-0002-9051-697X; Руднева Елизавета Владимировна, младший специалист, rudneva@vniro.ru, ORCID 0009-0004-6086-7463.

Original article

**Features of the life cycle and estimates of the growth parameters
for *Chionoecetes angulatus* (Decapoda: Oregoniidae) in the TINRO Basin
of Okhotsk Sea**

Andrey N. Deminov*, Oleg Yu. Borilko, Dmitry V. Artemenkov***,
Elizaveta V. Rudneva******

*, ** Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia

**** Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography,

19, Okružnnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

* chief specialist, andrei.deminov@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0008-5879-5359

** head of sector, oleg.borilko@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0007-7486-8215

*** Ph.D., senior researcher, dmitriy.artemenkov@gmail.com, ORCID 0000-0002-9051-697X

**** junior specialist, rudneva@vniro.ru, ORCID 0009-0004-6086-7463

Abstract. Biology of triangle tanner crab *Chionoecetes angulatus* in the deep-water TINRO Basin (Okhotsk Sea) is studied in details on the data collected in comprehensive bottom trawl surveys in summer-autumn (2010, 2012) and spring (2018) seasons. Aggregations of the species were found at the depths of 540–980 m, under temperature 0–2 °C. Males dominated over females in catches (sex ratio ranged from 1.00 : 0.16 to 1.00 : 0.69, the ranges of biomass were 596–1002 kg/km² for males versus 55–189 kg/km² for females), possibly because of specific catchability of the trawl gear. The carapace width (CW) was 12–171 mm for males and 17–99 mm for females. The size levels of functional maturity were determined for males with the method of claw allometry as: CW_{50% maturity} 100.8 mm, CW_{75% maturity} 112.9 mm, and CW_{100% maturity} 151.7 mm. The CW₅₀ value in TINRO Basin exceeds this level for the population in eastern Bering Sea (91.4 mm) that indicates later maturation of the crabs in Okhotsk Sea. Growth parameters were estimated for first time: the maximum carapace width of 147.2 mm for males and 81.6 mm for females and the size of physiological sexual maturity of 67.5 mm and 49.4 mm, respectively. Clear seasonal patterns were identified, namely moulting of males with the peak in late spring or early summer and synchronous reproductive cycle in females with external eggs laid on pleopods in summer-autumn.

Keywords: *Chionoecetes angulatus*, Okhotsk Sea, TINRO Basin, growth, life cycle, sexual maturation

For citation: Deminov A.N., Borilko O.Yu., Artemenkov D.V., Rudneva E.V. Features of the life cycle and estimates of the growth parameters for *Chionoecetes angulatus* (Decapoda: Oregoniidae) in the TINRO Basin of Okhotsk Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2026, vol. 206, no. 2, pp. 298–315. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-298-315. EDN: WPDFES.

Введение

Краб-стригун ангулятус *Chionoecetes angulatus* — один из 7 видов крабов рода *Chionoecetes* семейства Oregoniidae, широко распространенный в северной части Тихого океана [Низяев, 2001; DecaNet, 2025*]. Его ареал простирается от вод Орегона на востоке до южной Аляски, через Берингово море, до Охотского моря и Курильских островов на западе [Somerton, Donaldson, 1996; Слизкин, Сафронов, 2000; Первеева, 2004]. Батиметрический диапазон обитания вида чрезвычайно широк — от 90 до 3330 м, что подчеркивает его адаптацию к глубоководным условиям и делает одним из наиболее эврибатных представителей рода.

В Охотском море краб формирует скопления, которые по ряду оценок могут обладать значительным промысловым потенциалом для Дальневосточного региона [Слизкин, 2010; Марин, 2013]. Промысловое значение имеют только два скопления — у восточного Сахалина и во впадине ТИНРО [Буяновский, 2023]. В последней сосредоточена основная часть запаса Северо-Охотоморской подзоны, в связи с чем изучение

* DecaNet eds. *Chionoecetes angulatus* Rathbun, 1924. World Register of Marine Species. <https://www.marinespecies.org>.

биологии краба-стригуна ангулятуса представляет здесь особый интерес. Однако его экономическая роль пока не получила должной оценки по сравнению с более популярными объектами, такими как камчатский краб или краб-стригун опилио.

Освоение ресурсов ранее было ограничено недостатком информации о распределении глубоководных видов, их численности и биологических характеристик. В том числе уровень изученности глубоководных стригунов, включая состояние запасов, биологические особенности и распределение, на данный момент также продолжает оставаться невысоким [Первеева, 2004; Метелев и др., 2016], а информация, полученная при глубоководных ловушечных промыслах, нуждается в совершенствовании методических подходов к оценке состояния биоресурсов.

Вероятно, поэтому наблюдается непостоянный интерес рыбодобывающих компаний к его промысловой эксплуатации. Однако интерес к глубоководным видам ракообразных закономерно возрастает при сокращении запасов традиционных объектов, что делает фундаментальные исследования биологии *C. angulatus* своевременными и актуальными [Бизиков и др., 2024].

В открытой печати имеются сведения по биологии краба-стригуна ангулятуса у Курильской гряды, на востоке от о. Сахалин, в центральной части Охотского моря и в Беринговом море [Somerton, Donaldson, 1996; Низяев, 2001; Первеева, 2004; Моисеев и др., 2020]. Также частично представлена информация о размерном распределении и личном состоянии краба-стригуна ангулятуса на участках впадины ТИНРО в Охотском море [Метелев и др., 2016]. Известны личинный цикл и плодовитость краба-стригуна ангулятуса на востоке от о. Сахалин [Первеева, Букин, 2013; Первеева, 2015]. Наиболее полные данные касаются морфологических признаков и питания [Низяев и др., 2006; Слизкин, 2010; Марин, 2013]. Известно, что в Западно-Камчатской подзоне основной пищей краба-стригуна ангулятуса являются полихеты, моллюски, десятиногие ракообразные и рыба, а спектр питания зависит от бентосного окружения и фауны в районе обитания [Чучукало и др., 2016]. В то же время подробные данные о биологии, динамике роста и достижении половой зрелости *C. angulatus* из впадины ТИНРО отсутствуют.

Впадина ТИНРО расположена в пределах природного ареала *C. angulatus*, но при этом характеризуется уникальными гидрологическими условиями и стабильным режимом глубоководных течений. Несмотря на это, комплексные исследования по росту краба-стригуна ангулятуса в данном районе до настоящего времени не проводились. Целью настоящей работы является первичное описание особенностей роста, параметров личинного цикла и показателей половой зрелости краба-стригуна ангулятуса *Chionoecetes angulatus* в условиях впадины ТИНРО на основе комплексных донных траловых съемок.

Материалы и методы

Материал для настоящей работы собран во время донных траловых съемок Охотского моря в августе-октябре 2010 и 2012 гг. соответственно на НИС «Профессор Кизеветер» и «ТИНРО», а также в апреле-мае 2018 г. на НИС «ТИНРО». Донной траловой съемкой НИС «Профессор Кизеветер» в 2010 г. охвачена обширная акватория шельфа в координатах от 50°27' до 57°35' с.ш. и от 150°09' до 156°06' в.д., НИС «ТИНРО» в 2012 г. — от 51°07' до 56°32' с.ш. и от 152°27' до 156°18' в.д., в 2018 г. — от 50°55' до 58°04' с.ш. и от 143°02' до 156°07' в.д. (рис. 1). Всего выполнено 446 траловых станций на глубинах от 92 до 981 м.

Для сбора первичного материала применялся стандартный донный трал ДТ/ТВ-27,1/24,4, оснащенный в кутовой части мелкочечной 10-миллиметровой делевой вставкой. Горизонтальное раскрытие трала составляло 16 м. Нижняя подбора была утяжелена якорной цепью (около 450 кг) для увеличения давления на грунт для более качественных и количественных сборов. Для расчета биомассы на единицу площади использовался коэффициент уловистости трала, принятый равным 0,6.

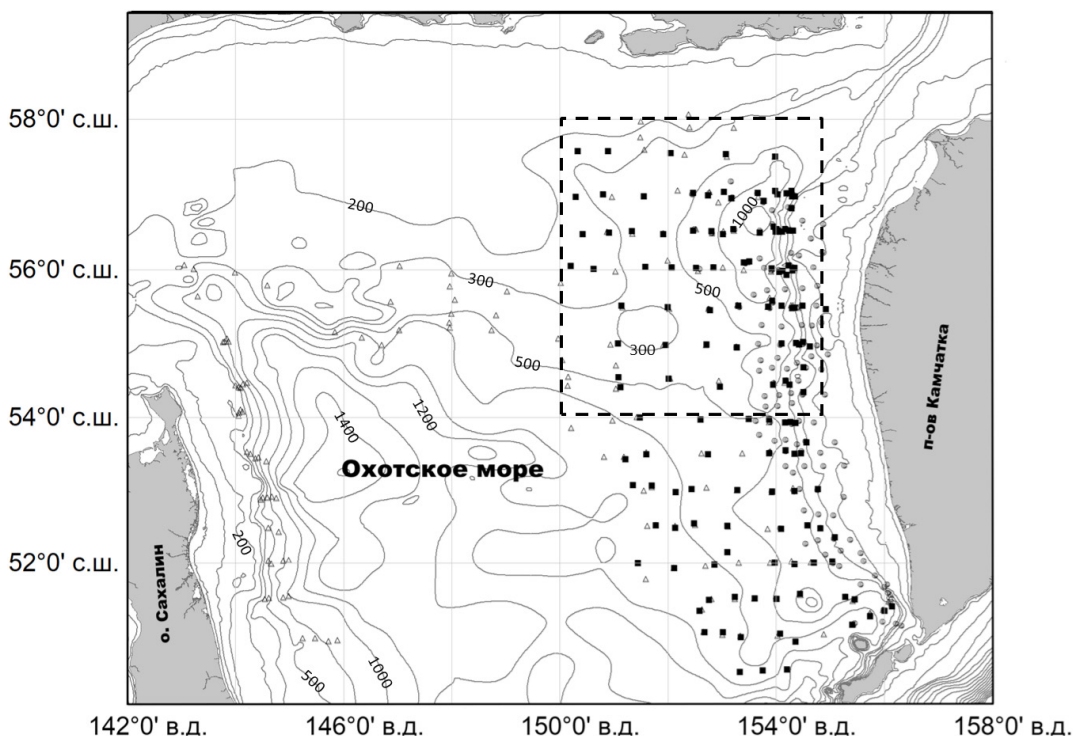


Рис. 1. Карта-схема расположения станций в период исследований в Охотском море (черные квадраты — станции в 2010 г., выполненные на НИС «Профессор Кизеветер»; кружки — станции в 2012 г., выполненные на НИС «ТИНРО»; треугольники — станции в 2018 г., выполненные на НИС «ТИНРО»), пунктирной линией выделен район впадины ТИНРО и сопредельных вод для подробного изучения скопления краба-стригуна ангулятуса

Fig. 1. Scheme of surveys in the Okhotsk Sea (black squares — RV Professor Kizevetter in 2010; circles — RV TINRO in 2012; triangles — RV TINRO in 2018; the studied area is limited by dotted line

Тип донного грунта на каждой станции определяли путем визуального осмотра выловленного в трале материала (наличие ракушечника, гальки, песчаных или илистых фракций), а также по общедоступным лоцманским картам грунтов, действовавшим в период проведения съемок. Данный подход является стандартным в практике проведения ресурсных донных траловых съемок, когда комплексное использование непосредственного осмотра и картографических материалов позволяет характеризовать тип грунта в районе траления.

Краб-стригун ангулятус в районе исследований был встречен на 111 станциях на глубинах от 123 до 981 м при температуре от 0 до 2 °C. За все время работ вылов крабов в районе впадины ТИНРО составил 8052 экз., в том числе в 2010 г. — 1526 экз., в 2012 г. — 2138 экз. и в 2018 г. — 4388 экз. У крабов измеряли ширину карапакса (ШК или CW carapace width) в самой широкой его части, как это принято в работах по роду *Chionoecetes* [Jadamec et al., 1999; Низяев и др., 2006; Мельник и др., 2014]. Измерения проводили штангенциркулем с точностью до 1 мм. Также определяли пол, внешнее состояние карапакса (линочные стадии), стадии зрелости икры у самок. Индивидуальную массу измеряли с точностью до 1 г с помощью морских весов, оборудованных устройством компенсации качки Marel M1100 (Исландия). Линочное состояние самцов оценивали по жесткости, цвету и степени изношенности экзоскелета по 4-балльной шкале. У самок дополнительно устанавливали стадию зрелости гонад или эмбрионов («неполовозрелая», «внутренняя икра», «икра оранжевая», «икра с глазком», «личинки выпущены», «яловая»). Все действия выполнялись в соответствии

с общепринятыми методиками изучения промысловых ракообразных [Jadamec et al., 1999; Низяев и др., 2006; Мельник и др., 2014]. Всего в скоплении краба-стригуна ангулятуса во впадине ТИНРО проведено подробное описание 4071 самцов и 1425 самок этого вида.

Для анализа зависимости массы (W , г) от ширины карапакса (CW , мм) использовано степенное уравнение, где константы a и b являются коэффициентами [Винберг, 1971; Мина, 1975; Froese, 2006]:

$$W = a CW^b. \quad (1)$$

Для оценки параметров роста популяции в условиях отсутствия прямых данных о возрасте были применены эмпирические методы, основанные на анализе размерной структуры. Максимальную наблюдаемую ширину карапакса (CW_{max}) оценивали как 95-й процентиль эмпирического размерного распределения [Taylor, Mildenerberger, 2017]. Предполагается, что этот показатель соотносится с максимальным возрастом краба. Предельную ширину карапакса группового роста (CW_{inf}) и ширину карапакса при наступлении физиологической половозрелости (CW_{mat}) для самцов и самок рассчитывали по уравнениям:

$$\log(CW_{inf}) = 0,044 + 0,9841 \log(CW_{max}); \quad (2)$$

$$\log(CW_{mat}) = 0,9469 \log(CW_{inf}) - 0,1162 \text{ для самок}; \quad (3)$$

$$\log(CW_{mat}) = 0,8915 \log(CW_{inf}) - 0,1032 \text{ для самцов}. \quad (4)$$

Для оценки CW_{inf} и CW_{mat} применены эмпирические соотношения, разработанные Froese и Binohlan [2000], из-за отсутствия видоспецифичных моделей для *C. angulatus*. Данный подход использован как вынужденная мера для первичной количественной оценки параметров роста, но требует валидации традиционными методами (например, анализом размерно-возрастных рядов или гистологическим подтверждением зрелости гонад) в будущих исследованиях.

Для идентификации самцов, прошедших терминальную линьку, произведено разделение на широкопалых (ШПС, функционально зрелых) и узкопалых (УПС, незрелых) самцов на основе аллометрии высоты клешни относительно ширины карапакса. Метод основан на установленном для крабов рода *Chionoecetes* изменении аллометрического роста клешни при достижении половой зрелости [Conan, Comeau, 1986; Paul, Paul, 1995; Sainte-Marie et al., 1995; Otto, 1998; Слизкин, Сафронов, 2000; Низяев и др., 2006; Буяновский, Войдаков, 2011; Моисеев и др., 2018; Артеменков и др., 2023]. По полученным бинарным данным (ШПС/УПС) для каждого размера CW с помощью логистической регрессии оценивали ширину карапакса, при которой 50 % (CW_{50}), 75 % (CW_{75}) и 100 % (CW_{100}) самцов в популяции проходят терминальную линьку. Расчеты выполнены с использованием статистического языка R* в составе программных пакетов FSA**.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программно-го пакета STATISTICA 12.0. Для проверки нормальности распределения выборок применяли критерий Колмогорова-Смирнова. Поскольку большинство выборок не соответствовали нормальному распределению, для оценки достоверности различий средних величин (ширины карапакса, массы, глубины) использовали непараметрический U-критерий Манна-Уитни. Анализ соответствия полового соотношения гипотезе 1 : 1 проводили с помощью критерия χ^2 . Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

* R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016. <http://www.R-project.org/>.

** Ogle D.H. FSA: fisheries stock analysis. R package version 0.4.30. 2011. <http://www.rforge.net/FSA/>.

Результаты и их обсуждение

Распределение самцов и самок

В период исследований скопления краба-стригуна ангулятуса *C. angulatus* во впадине ТИНРО Охотского моря были локализованы в нескольких районах, преимущественно между 55 и 57° с.ш. (рис. 2, табл. 1). В летне-осенний период скопления самцов приурочены к глубинам 540–981 м (среднее 772,4 ± 25,7 м) при температуре от 0,5 до 1,3 °C (0,9 ± 0,1 °C), самок — к 543–981 м (753,1 ± 33,9 м) и температуре 0,5–1,1 °C (0,9 ± 0,1 °C). Весной (апрель–май 2018 г.) оба пола смещались в несколько более глубокие слои: самцы регистрировались на глубине 692–972 м (799,8 ± 20,9 м) при 1,8–2,0 °C (1,9 ± 0,1 °C), самки — на 738–972 м (809,9 ± 24,2 м) при аналогичной температуре. Таким образом, четкой сезонной миграции по глубине не выявлено, но отмечена тенденция к обитанию самок в несколько более глубоких водах по сравнению с самцами, что согласуется с данными по популяции восточной части Берингова моря [Somerton, Donaldson, 1996].

Таблица 1

Характеристики условий обитания и показатели уловов краба-стригуна ангулятуса во впадине ТИНРО Охотского моря в 2010, 2012, 2018 гг. с апреля по октябрь

Table 1

Habitat environments and catches of triangle tanner crab in the TINRO Basin in April-October of 2010, 2012, 2018

Параметр		2010, август-сентябрь		2012, сентябрь-октябрь		2018, апрель-май	
		Самцы	Самки	Самцы	Самки	Самцы	Самки
Глубина, м	Пределы	446–981		123–970	157–970	356–972	442–972
	Средняя глубина (M±m)	776,5 ± 31,5	752,0 ± 37,3	800,1 ± 39,1	758,0 ± 94,0	799,8 ± 20,9	809,9 ± 24,2
	Глубина макс. улов	755	658	851	970	967	750
Температура, °C	Пределы	–	–	0–1,4	0,2–1,4	1,8–2,0	1,8–2,3
	При макс. улове	–	–	1,2	0,5	2,0	1,8
Индекс биомассы, кг/час./трал.	Макс.	188,3	13,9	175,8	71,6	256,3	47,8
	Сред.	34,0	2,9	47,6	5,4	39,3	9,3
Биомасса, кг/км²	Макс.	3345,7	320,5	3891,9	1584,1	5252,9	944,3
	Сред.	596,5	54,7	1002,4	117,4	795,8	188,9

В большинстве случаев самцы предпочитали илисто-песчаные или илистые грунты — 81 % (рис. 2). Полученное распределение самцов *C. angulatus* ожидаемо, так как грунты впадины ТИНРО представляют классический пример глубоководных осадков изолированной котловины [Лисицын, 1978]. Диатомовые илы являются основным и наиболее распространенным типом грунта на большей части дна котловины. Самки так же, как и самцы, предпочитали в основном илисто-песчаные грунты. Летне-осеннее распределение *C. angulatus* относительно весеннего распределения не характеризуется значимыми изменениями по глубинам и координатам. Поэтому преимущественные типы грунтов такие же, илисто-песчаные или илистые.

Биомасса самцов в районе исследований значительно превосходила таковую самок. Нельзя исключать, что уловистость трала может различаться для особей разного пола и размера. В летне-осенний период средняя плотность биомассы самцов составила 596,5 кг/км² в 2010 г. и 1002,4 кг/км² в 2012 г., тогда как у самок — лишь 54,7 и 117,4 кг/км² (табл. 1). Весной 2018 г. этот дисбаланс сохранялся: 795,8 кг/км² у самцов против 188,9 кг/км² у самок, однако был не столь выражен (самцы превосходили самок по биомассе в 10 раз осенью и лишь в 4 раза весной).

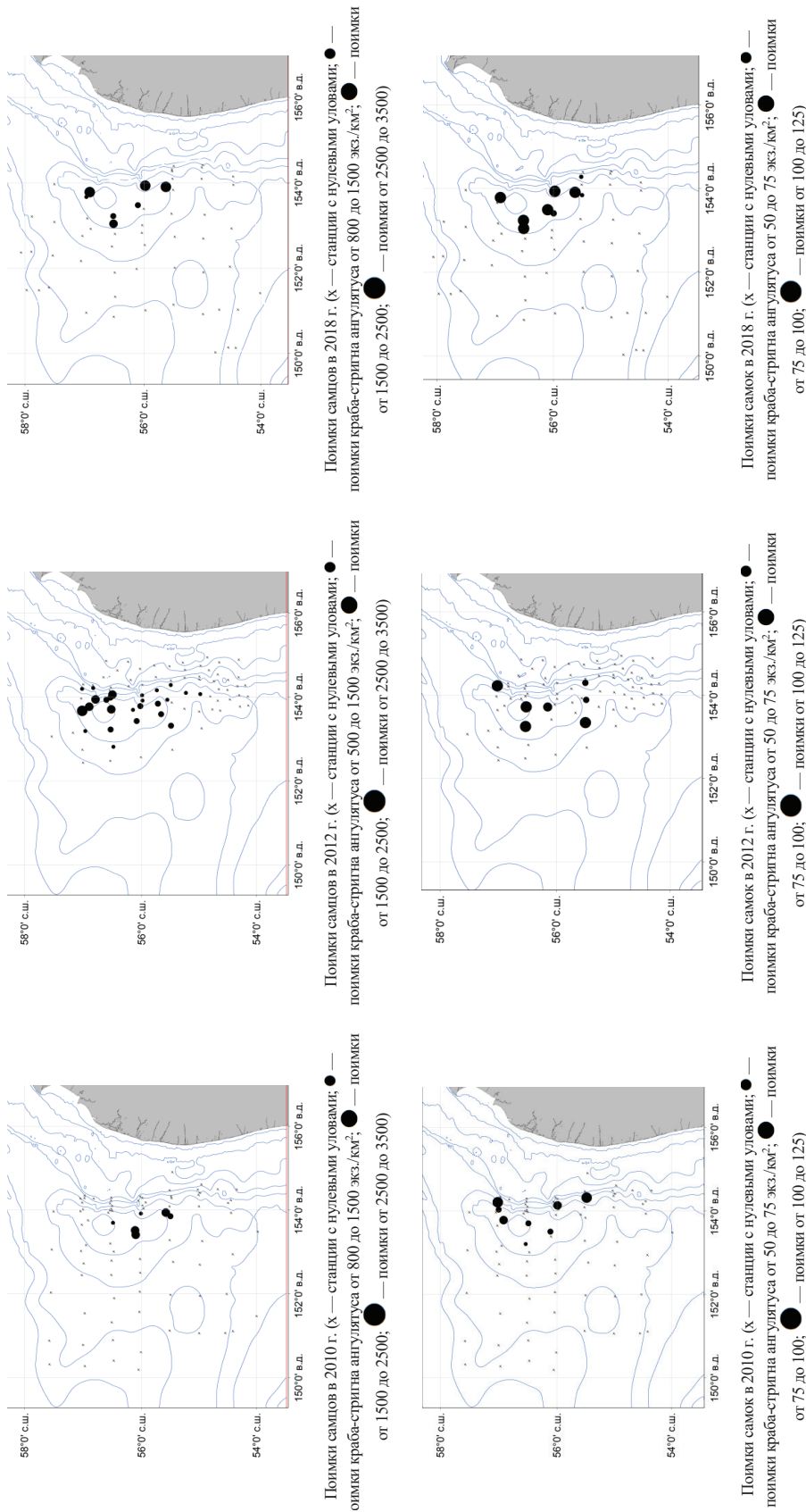


Рис. 2. Карта-схема расположения станций с уловами самцов и самок *C. angulatus* в период исследований на участке впадины TINRO в Охотском море в 2010, 2012, 2018 гг.

Fig. 2. Scheme of the stations with catches of males and females of *Chionoecetes angulatus* in the surveys in TINRO Basin in 2010, 2012, 2018

Краб-стригун ангулятус во впадине ТИНРО распределялся преимущественно на больших глубинах, 540–980 м, на диатомовых илах. Стабильно низкие температуры (0–2 °C) в этом слое, по-видимому, являются ключевым лимитирующим абиотическим фактором. Отсутствие выраженных сезонных вертикальных миграций, характерных для некоторых шельфовых видов крабов, вероятно, можно объяснить относительной стабильностью условий в глубинной зоне впадины ТИНРО в течение года.

Половая и размерная структура популяции

Соотношение полов в уловах было устойчиво смещено в пользу самцов: 1,00 : 0,28 в 2010 г., 1,00 : 0,16 в 2012 г. и 1,00 : 0,69 в 2018 г. Во всех случаях отклонение от пропорции 1 : 1 было статистически достоверным ($p < 0,05$). Подобная асимметрия, характерная для многих промысловых крабов, может быть связана как с поведенческими особенностями, так и с селективностью орудий лова.

Размерный диапазон самцов в исследованиях 2010, 2012, 2018 гг. составлял 12–171 мм по ШК, самок — 17–99 мм (рис. 3–5). Средние размеры самцов варьировали по годам: 105,1 мм (2010 г.), 117,2 мм (2012 г.) и 89,2 мм (2018 г.). Самки были стабильно мельче — 69,2 мм (2010 и 2012 гг.) и 56,7 мм (2018 г.). Различия между средними размерами самцов и самок были значимыми ($p < 0,001$). Максимальные размеры самцов

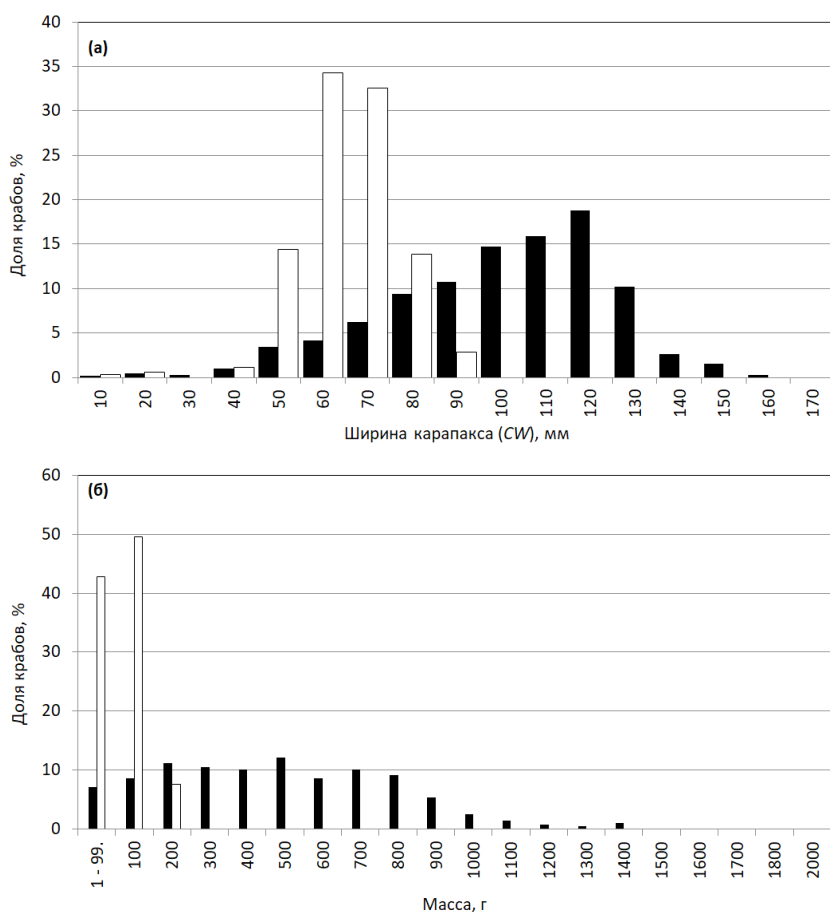


Рис. 3. Распределение самок (белый цвет) и самцов (черный цвет) краба-стригуна ангулятуса, выловленных во впадине ТИНРО Охотского моря в августе-сентябре 2010 г., по ширине карапакса (а) и массе (б)

Fig. 3. Distribution of carapace width (a) and weight (b) for females (white) and males (black) of triangle tanner crab caught in the TINRO Basin in August-September 2010

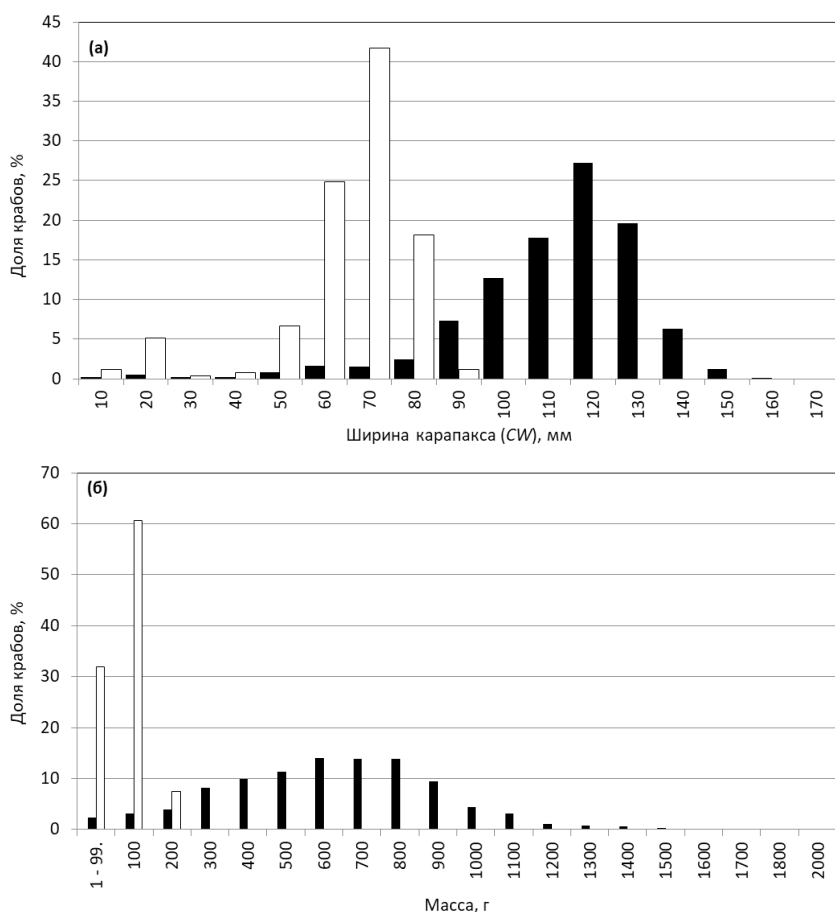


Рис. 4. Распределение самок (белый цвет) и самцов (черный цвет) краба-стригуна ангуля- туса, выловленных во впадине ТИНРО Охотского моря в сентябре-октябре 2012 г., по ширине карапакса (а) и массе (б)

Fig. 4. Distribution of carapace width (a) and weight (b) for females (white) and males (black) of triangle tanner crab caught in the TINRO Basin in September-October 2012

(171 мм ШК) и самок (99 мм ШК) во впадине ТИНРО Охотского моря отличаются от таковых из восточной части Берингова моря (соответственно 160 и 104 мм) [Somerton, Donaldson, 1996] и с северных Курильских островов (145 и 88 мм) [Низяев, 2001].

Масса тела крабов закономерно возрастала с увеличением ШК, при этом между самцами и самками наблюдались устойчивые и статистически значимые различия ($p < 0,001$). В летне-осенний период 2010 и 2012 гг. масса самцов (рис. 3–5) варьировала в пределах 1–1838 г (в среднем 539,6 и 669,1 г), тогда как самки были существенно легче — 2–286 г (в среднем 116,2 и 122,4 г). В эти периоды в уловах доминировали самцы массой 200–900 г (соответственно 72 и 81 % от общего количества), в то время как основу самок составляли особи массой 100–200 г (50 и 61 %). Весной 2018 г. общая картина сохранилась, однако средняя масса обоих полов оказалась ниже: у самцов — 398,0 г (2–2051 г), у самок — 68,7 г (5–304 г). При этом размерно-весовая структура уловов сместилась в сторону более мелких особей. Среди самцов преобладали молодые крабы массой до 200 г (63 %), а среди самок — особи до 100 г (83 %).

Аллометрический рост, описываемый степенным уравнением, для обоих полов в летне-осенний период характеризовался отрицательной аллометрией ($b < 3$): у самцов $b = 2,9414$, у самок $b = 2,8768$. Вероятно, что с увеличением размеров относительная упитанность особей несколько снижалась, что может быть связано с энергетическими затратами на линьку и гаметогенез [Винберг, 1971]. Полученные значения коэффициента

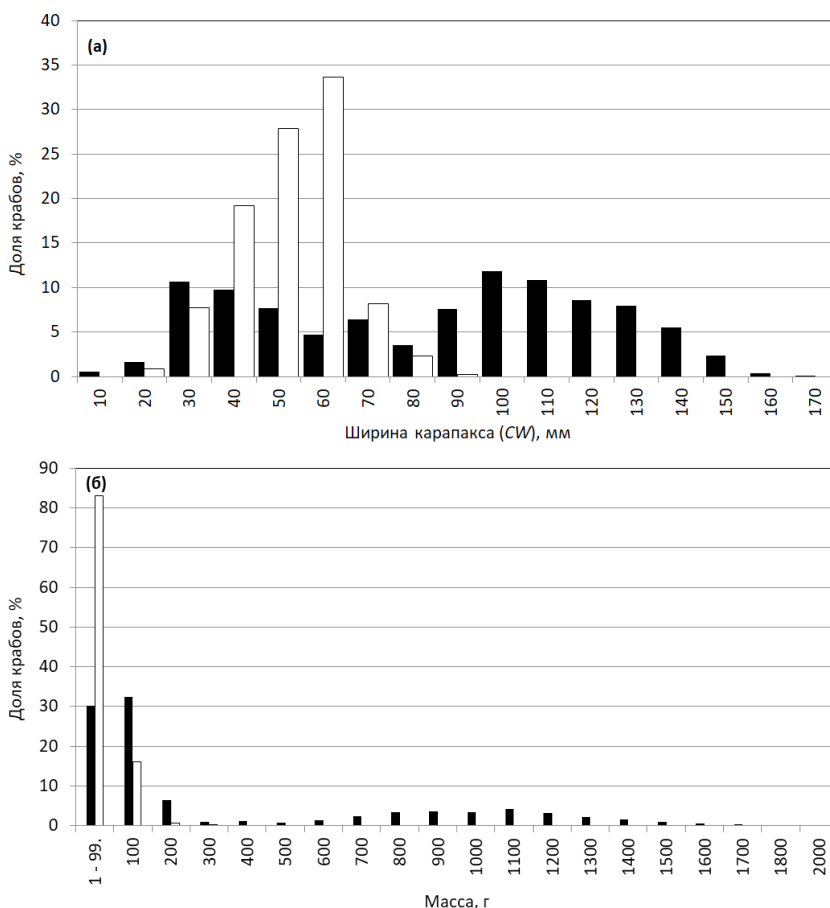


Рис. 5. Распределение самок (белый цвет) и самцов (черный цвет) краба-стригуна ангулятуса, выловленных во впадине ТИНРО Охотского моря в апреле-мае 2018 г., по ширине карапакса (а) и массе (б)

Fig. 5. Distribution of carapace width (a) and weight (б) for females (white) and males (black) of triangle tanner crab caught in the TINRO Basin in April-May 2018

b близки к данным *C. angulatus* из восточной части Берингова моря ($b = 3,054$ для объединенных данных), но несколько ниже, что может отражать различия в трофических условиях или фазе линочного цикла в момент отбора проб.

Терминальная линька, репродуктивный цикл и рост краба-стригуна ангулятуса

Анализ распределения линочных стадий самцов (табл. 2) выявил некоторые сезонные закономерности, однако их интерпретация требует осторожности ввиду отсутствия данных за ряд месяцев (март, июнь, июль). В августе в уловах преобладали особи на 2- и 3-й ранней стадиях (суммарно более 60 %), что может указывать на завершение линьки в предшествующий период. К сентябрю-октябрю доля самцов, находящихся в твердом панцире (3-я средняя и поздняя стадии), возрастала до 82,2–91,8 %, тогда как доля недавно перелинявших (стадии I–II) была минимальной (менее 1,3 %). Сходство распределений в апреле и сентябре (высокая доля III–IIIп, низкая — I–II) позволяет предположить, что к апрелю основная масса самцов еще не приступила к линьке, а к сентябрю уже завершила ее. В мае наблюдалась максимальная за весь период доля свежотлинявших особей (I–II — 27,7 %), что однозначно указывает на наличие пика линьки в позднюю весну — начало лета. Таким образом, линька *C. angulatus* в исследуемом районе, по-видимому, растянута во времени (с мая по август), но имеет

выраженный весенне-летний пик. Альтернативные трактовки (например, наличие двух пиков или локальные различия в сроках линьки) не могут быть полностью исключены из-за фрагментарности данных, но не противоречат основной гипотезе.

Таблица 2

Соотношение самцов краба-стригуна ангулятуса на различных стадиях линичного цикла во впадине ТИНРО Охотского моря в 2010, 2012, 2018 гг. с апреля по октябрь, %

Table 2

Portion of triangle tanner crab males at certain stages of life cycle in the TINRO Basin from April to October of 2010, 2012, 2018, %

Межлиничная стадия	Январь, февраль, март	Апрель	Май	Июнь, июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь, декабрь
I	–	4,3	6,4	–	3,1	0,2	0	–
II	–	2,1	21,3	–	25,2	0,6	1,3	–
IIIр	–	23,4	26,2	–	37,5	16,3	5,9	–
III	–	42,6	16,3	–	20,5	40,3	78,0	–
IIIп	–	25,5	24,1	–	4,0	41,9	13,8	–
IV	–	2,1	5,7	–	9,7	0,7	1,0	–

На основе анализа аллометрии клешни (метод разделения ШПС/УПС) построена логистическая кривая, описывающая долю широкопалых самцов в зависимости от ширины карапакса (рис. 6). Размер, при котором 50 % самцов (CW_{50}) проходят терминальную линьку и становятся функционально зрелыми, составил 100,8 мм (доверительный интервал — 99,1–102,5 мм). Размеры 75 % (CW_{75}) и 100 % (CW_{100}) зрелости оценены соответственно в 112,9 (111,7–113,9) мм и 151,7 (148,7–155,7) мм. Средний размер ШПС в уловах составил 123,8 мм, УПС — 93,7 мм. Полученная величина CW_{50} для впадины ТИНРО (100,8 мм) существенно превышает значение 91,4 мм, указанное для популяции *C. angulatus* в восточной части Берингова моря [Somerton, Donaldson, 1996]. Более позднее наступление функциональной зрелости у самцов в условиях впадины ТИНРО может объясняться комплексом факторов. Во-первых, это могут быть последствия обитания в изолированной глубоководной котловине с более стабильными, но потенциально менее продуктивными условиями ввиду состава и калорийности доступных кормовых объектов [Чучукало и др., 2016]. Во-вторых, разница может отражать различный уровень хищнического пресса [Низяев, 2001]. В более холодных глубинных

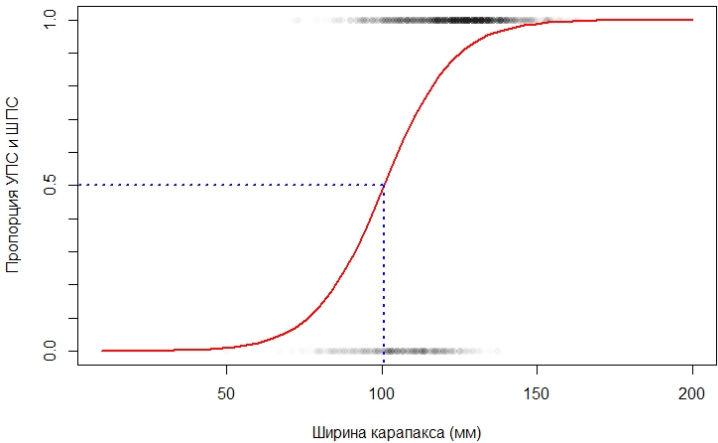


Рис. 6. Логистическая модель широко- и узкопалых самцов краба-стригуна ангулятуса, выловленных во впадине ТИНРО Охотского моря в 2010, 2012 и 2018 гг.

Fig. 6. Logistic model for narrow-claw and wide-claw males of triangle tanner crab on the data of catches in the TINRO Basin in 2010, 2012, 2018

водах впадины ТИНРО давление со стороны крупных нектонных хищников (например, макрурусов) может быть ниже, чем в Беринговом море, что может также сказываться на более позднем созревании. Таким образом, наблюдаемое различие является, вероятно, следствием комплексного влияния трофических условий, хищнического пресса и долговременной адаптации к стабильным термическим условиям глубоководной котловины. Окончательное определение вклада этих факторов требует дальнейших сравнительных исследований.

Пространственное распределение выделенных групп (ШПС и УПС) в акватории впадины ТИНРО показано на рис. 7. Наиболее плотные скопления крупных ШПС (ШК > 110 мм) в летне-осенний период формировались на глубинах 550–970 м при температуре 0,5–1,3 °С в координатах от 55°29' до 57°0' с.ш. и от 153°12' до 154°16' в.д. Весной эти скопления смещались в более глубоководную и несколько более теплую зону (738–972 м, 2 °С, в координатах 55°59'–56°58' с.ш. 153°39'–153°54' в.д.), что отражает общую стабильность батиметрического распределения зрелых самцов в котловине.

Исследование репродуктивного состояния самок отмечает выраженную сезонную динамику (табл. 3). В весенний период (апрель) преобладали самки с развивающейся икрой на поздних стадиях эмбриогенеза («икра с глазком»), что указывает на подготовку к выклеву личинок. Это подтверждает предположение Е.А. Метелева с соавторами [2016] о том, что выпуск личинок происходит в данной акватории весной. К маю доля неполовозрелых самок резко возрастала до 79,5 %, что, вероятно, связано с некорректным определением стадий у самок, без вскрытия. Скорее всего, существенная доля самок относилась к межнерестовой стадии, ШК особей составляла от 24 до 86 мм (53,8 мм и 58,5 г). В летне-осенний период (август–октябрь) в уловах абсолютно доминировали самки с наружной икрой (до 91,5 % в сентябре), что соответствует фазе вынашивания эмбрионов. Полное отсутствие в этот период самок с «икрой с глазком» или «выпустивших личинок» свидетельствует о синхронном и, вероятно, однолетнем репродуктивном цикле в изученной популяции. Подобная синхронность характерна и для *C. angulatus* в Беринговом море [Somerton, Donaldson, 1996], однако у близкого вида *C. japonicus* в Японском море предполагается двухгодичный репродуктивный цикл [Ito, 1976], что подчеркивает необходимость дальнейших гистологических исследований для точного определения частоты нереста у охотоморской популяции.

Таблица 3

Соотношение самок краба-стригуна ангулятуса на различных стадиях репродуктивного цикла во впадине ТИНРО Охотского моря в 2010, 2012, 2018 гг. с апреля по октябрь, %

Table 3

Portion of triangle tanner crab females at certain stages of reproductive cycle in the TINRO Basin from April to October of 2010, 2012, 2018, %

Стадия репродуктивного цикла	Январь, февраль, март	Апрель	Май	Июнь, июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь, декабрь
Неполовозрелые	–	40	79,5	–	15,6	6,2	51,2	–
Межнерестовая	–	0	5,1	–	19,8	0,5	23,3	–
Икра оранжевая	–	20	13,0	–	63,5	91,5	23,3	–
Икра с глазком	–	40	2,2	–	0	0	0	–
Личинки выпущены	–	0	0,2	–	0	0	0	–
Яловая	–	0	0	–	1,1	1,8	2,2	–

Использование эмпирических методов для оценки параметров роста на основе размерной структуры позволило получить первые количественные оценки для популяции впадины ТИНРО (уравнения (5–7)).

Уравнение C_{winf} для самок *C. angulatus* на участке впадины ТИНРО (мм):

$$\log(81,6) = 0,044 + 0,9841 \log(79,0); \quad (5)$$

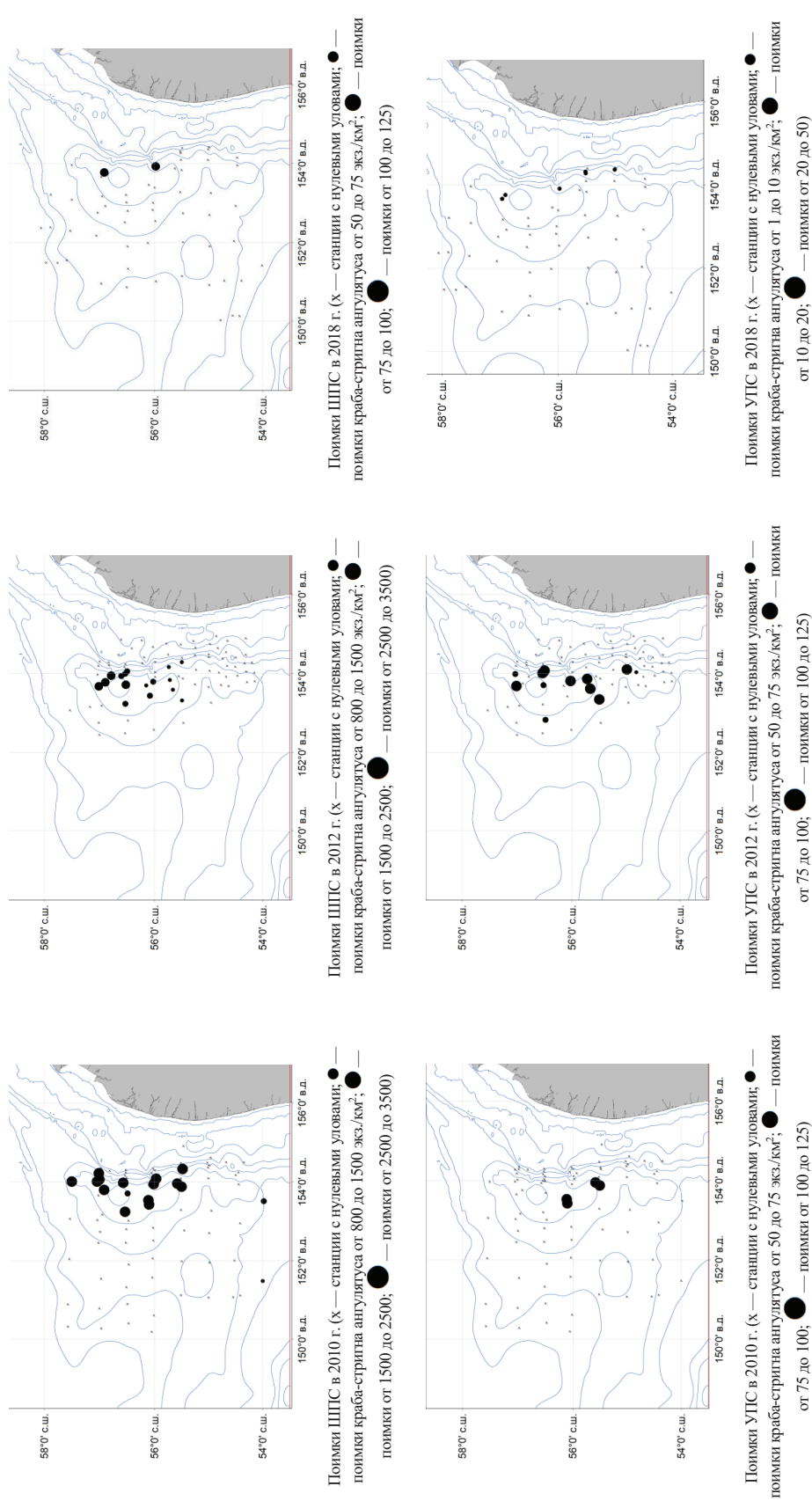


Рис. 7. Карта-схема расположения станций с уловами ШПС и УПС *C. angulatus* в период исследований на участке впадины ТИНРО в Охотском море в 2010, 2012, 2018 гг.

Fig. 7. Scheme of the stations with catches of narrow-claw and wide-claw males of *Chionoecetes angulatus* in the TINRO Basin in 2010, 2012, 2018

для самцов:

$$\log(147,2) = 0,044 + 0,9841 \log(144,0). \quad (6)$$

Уравнение CW_{mat} для самок (мм):

$$\log(49,4) = 0,9469 \log(81,6) - 0,1162; \quad (7)$$

для самцов:

$$\log(67,5) = 0,8915 \log(147,2) - 0,1032. \quad (8)$$

Предельная ширина CW_{inf} , рассчитанная через 95-й процентиль размерного ряда, составила 81,6 мм для самок и 147,2 мм для самцов. На основе этих значений были оценены средние размеры наступления физиологической половозрелости (CW_{mat}): 49,4 мм для самок и 67,5 мм для самцов. Полученный размер половозрелости самок ($CW_{mat} = 49,4$ мм) хорошо согласуется с прямыми наблюдениями за самой мелкой половозрелой (стадия икра оранжевая) самкой в уловах: 52 мм в 2010 и 2012 гг., 49 мм в 2018 г. Широкопалые функционально зрелые самцы начинают отмечаться при размерах 72 мм в 2012 г. и 73 мм в 2018 г., что также согласуется с расчетной CW_{mat} для самцов (67,5 мм). Сходимость полученных оценок с прямыми наблюдениями указывает на принципиальную применимость эмпирических формул для первичной количественной оценки параметров роста и зрелости у *C. angulatus*. Однако данный подход использован как вынужденная мера, и полученные значения требуют валидации традиционными методами (например, анализом размерно-возрастных рядов или гистологическим подтверждением зрелости гонад) в будущих исследованиях.

Биология *C. angulatus* во впадине ТИНРО обнаруживает как сходства, так и различия с биологией других глубоководных ракообразных. Например, для краба-стригуна опилю *C. opilio*, обитающего на меньших глубинах, характерны более высокие темпы роста и более раннее созревание [Conan, Comeau, 1986]. В то же время выявленная синхронность репродуктивного цикла у *C. angulatus* сходна с таковой у некоторых глубоководных крабов-литодид (род *Lithodes*) в северной Пацифике [Somerton, Otto, 1986]. Однако, в отличие от некоторых глубоководных королевских крабов, у *C. angulatus* не отмечено признаков асинхронного или несезонного размножения, что, вероятно, связано с сохранением планктотрофного типа развития личинок, требующего выклева в период максимальной продуктивности планктона в пелагиали [Somerton, Donaldson, 1996].

Заключение

Проведенные исследования позволили впервые дать комплексную характеристику биологии краба-стригуна ангулятуса *C. angulatus* в условиях глубоководной впадины ТИНРО восточной части Охотского моря. Установлено, что данный район является местом формирования устойчивых и достаточно плотных скоплений вида, приуроченных преимущественно к глубинам 540–980 м с придонной температурой от 0 до 2 °C. Выявленное преобладание самцов относительно самок в уловах следует интерпретировать с осторожностью. Известно, что уловистость донного трала для самцов достоверно выше, чем для самок, особенно в крупных размерных классах.

Биологические особенности популяции свидетельствуют о ее адаптации к специфическим условиям глубоководной котловины. Для самцов отмечен относительно поздний срок наступления функциональной зрелости: ширина карапакса, при которой 50 % особей проходят терминальную линьку (CW_{50}), составила 100,8 мм. Такой показатель превышает аналогичные данные для популяции из восточной части Берингова моря, что указывает на замедление темпов жизненного цикла. Параметры роста, оцененные эмпирическими методами ($CW_{inf} = 147,2$ мм для самцов, 81,6 мм для самок), также указывают на меньшие асимптотические размеры по сравнению с особями из других районов ареала, что согласуется с концепцией влияния постоянно низких температур на скорость метаболизма и роста.

На основе визуальной оценки репродуктивных стадий выявлена высокая степень синхронизации репродуктивного цикла популяции, проявляющаяся в сезонной динамике (доминирование самок с наружной икрой в летне-осенний период). Полученные данные не противоречат гипотезе об однолетнем цикле развития эмбрионов, однако для ее подтверждения необходимы гистологические исследования. Линька самцов также имеет четкую сезонную динамику с пиком в конце весны — начале лета.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают искреннюю признательность П.Ю. Иванову (КамчатНИРО) и А.В. Лысенко (ТИНРО) за неоценимый вклад в сбор полевого материала и содействие в проведении исследований.

The authors are sincerely grateful to P.Yu. Ivanov (KamchatNIRO) and A.V. Lysenko (TINRO) for their invaluable contributions to the materials collection for this study and great assistance in the research.

Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.
The study had no sponsorship.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

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

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

All applicable international, national and/or institutional principles for the care and use of animals have been observed.

The authors declare that they have no conflict of interest.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

А.Н. Деминов, Д.В. Артеменков, Е.В. Руднева — проведение полового и размерного анализа, расчет темпов роста по крабу-стригуну ангулятусу, статистический анализ, написание и подготовка рукописи; О.Ю. Борилко, А.Н. Деминов, Д.В. Артеменков, Е.В. Руднева — интерпретация результатов, написание и редактирование рукописи. Все авторы участвовали в обсуждении результатов.

A.N. Deminov, D.V. Artemenkov and E.V. Rudneva made sex and size analysis of samples, calculated growth rates, statistically analyzed all results, and wrote and illustrated the text; all authors jointly discussed and interpreted the results and finally edited the manuscript.

Список литературы

Артеменков Д.В., Сологуб Д.О., Кивва К.К. Структурный анализ широкопалости у крабов-стригунов статистическим языком R // Современные аспекты рыбохозяйственной науки и геномные технологии в аквакультуре и рыболовстве : мат-лы 4-й науч. школы-конф. мол. ученых и специалистов / под ред. М.В. Сытовой, Н.С. Мюге, И.И. Гордеева. — М. : ВНИРО, 2023. — С. 10.

Бизиков В.А., Алексеев Д.О., Аббаев А.Д. и др. Сырьевая база промысловых беспозвоночных и ее освоение в морях России в 2000–2020 гг. // Тр. ВНИРО. — 2024. — Т. 195. — С. 142–204. DOI: 10.36038/2307-3497-2024-195-142-204. EDN: NRTBOO.

Буяновский А.И., Алексеев Д.О., Сологуб Д.О., Бизиков В.А. Динамика запасов и регулирование промысла крабов в морях России : моногр. — М. : ВНИРО, 2023. — 324 с.

Буяновский А.И., Войдаков Е.В. Возрастной состав поселений травяной креветки *Pandalus latirostris* (Decapoda, Pandalidae) у островов Малой Курильской гряды // Вопр. рыб-ва. — 2011. — Т. 12, № 2(46). — С. 274–292. EDN: NXAJEP.

Винберг Г.Г. Линейные размеры и масса тела животных // Журн. общ. биол. — 1971. — Т. 32, № 6. — С. 714–723.

Лисицын А.П. Процессы океанской седиментации: литология и геохимия : моногр. — М. : Наука, 1978. — 392 с.

Марин И.Н. Малый атлас десятиногих ракообразных России. — М. : Тов-во научных изд. КМК, 2013. — 146 с.

Мельник А.М., Абаев А.Д., Васильев А.Г. и др. Крабы и крабоиды северной части Охотского моря : моногр. — Магадан : Типография, 2014. — 198 с.

Метелев Е.А., Григоров В.Г., Васильев А.Г. Краб-стригун ангулятус *Chionoecetes angulatus* (Brachyura, Majidae) в районе впадины ТИНРО Северо-Охотоморской подзоны: особенности биологии и промысла // Вопр. рыб-ва. — 2016. — Т. 17, № 4. — С. 446–458. EDN: ХВЖКАВ.

Миша М.В. Аллометрический рост // Количественные аспекты роста организмов. — М. : Наука, 1975. — С. 176–180.

Моисеев С.И., Буяновский А.И., Деминов А.Н. и др. Применение коэффициента морфометрической зрелости для определения терминальной линьки у краба *Chionoecetes angulatus* из Охотского моря // Тр. ВНИРО. — 2020. — Т. 179. — С. 5–25. DOI: 10.36038/2307-3497-2020-179-5-25. EDN: MWQXZD.

Моисеев С.И., Буяновский А.И., Моисеева С.А. Определение широкопалости у крабов-стригунов рода *Chionoecetes* в полевых условиях // Тр. ВНИРО. — 2018. — Т. 172. — С. 6–26. DOI: 10.36038/2307-3497-2018-172-6-26. EDN: YRRYXR.

Низяев С.А. Биологическая характеристика глубоководных крабов-стригунов *Chionoecetes angulatus* и *C. tanneri* северных Курильских островов // Изв. ТИНРО. — 2001. — Т. 128. — С. 634–643. EDN: HZAENZ.

Низяев С.А., Букин С.Д., Клитин А.К. и др. Пособие по изучению промысловых ракообразных дальневосточных морей России. — Южно-Сахалинск : СахНИРО, 2006. — 114 с.

Первеева Е.Р. Биологическая характеристика глубоководных *Chionoecetes angulatus* у берегов о. Сахалин // Тр. СахНИРО. — 2004. — Т. 6. — С. 194–210. EDN: WILMSL.

Первеева Е.Р. Линичный цикл батимального краба-стригуна *Chionoecetes angulatus* в водах Восточного Сахалина // Вопр. рыб-ва. — 2015. — Т. 16, № 2. — С. 193–206. EDN: TZKFVJ.

Первеева Е.Р., Букин С.Д. Репродуктивные характеристики самок глубоководных крабов-стригунов сахалино-курильского района // Изв. ТИНРО. — 2013. — Т. 172. — С. 106–118. EDN: QCKRVX.

Слизкин А.Г. Атлас-определитель крабов и креветок дальневосточных морей России. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2010. — 256 с.

Слизкин А.Г., Сафронов С.Г. Промысловые крабы прикамчатских вод : моногр. — Петропавловск-Камчатский : Северная Пацифика, 2000. — 180 с.

Чучукало В.И., Надточий В.А., Напазаков В.В. и др. Питание и некоторые черты экологии крабов равношипного *Lithodes aequispinus* и угловатого *Chionoecetes angulatus* в водах Северо-Западной Камчатки в осенний период // Мор. биол. журн. — 2016. — Т. 1, № 2. — С. 51–60. DOI: 10.21072/mbj.2016.01.2.06. EDN: WJEEKF.

Conan G.Y., Comeau M. Functional maturity and terminal molt of male snow crab, *Chionoecetes opilio* // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 1986. — Vol. 43, № 9. — P. 1710–1719. DOI: 10.1139/f86-214.

Froese R. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations // J. Appl. Ichthyol. — 2006. — Vol. 22, № 4. — P. 241–253. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x.

Froese R., Binohlan C. Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data // J. Fish. Biol. — 2000. — Vol. 56, № 4. — P. 758–773. DOI: 10.1111/j.1095-8649.2000.tb00870.x.

Ito K. Maturation and spawning of the queen crab, *Chionoecetes japonicus*, in the Japan Sea, with special reference to the reproduction cycle // Bull. Jpn Sea Reg. Fish. Res. Lab. — 1976. — № 27. — P. 59–74. (In Japanese with English summary).

Jadamec L.S., Donaldson W.E., Cullenberg P. Biological field techniques for *Chionoecetes* crabs. — Fairbanks : Alaska Sea Grant College Program, 1999. — 80 p. DOI: 10.4027/bftcc.1999.

Otto R.S. Assessment of the eastern Bering Sea snow crab *Chionoecetes opilio* stock under the terminal molting hypothesis // Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management: Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. — 1998. — № 125. — P. 109–124.

Paul A.J., Paul J.M. Molting of functionally mature male *Chionoecetes bairdi* Rathbun (Decapoda: Majidae) and changes in carapace and chela measurements // J. Crustac. Biol. — 1995. — Vol. 15, № 4. — P. 686–692. DOI: 10.2307/1548818.

Sainte-Marie B., Raymond S., Brêthes J.C. Growth and maturation of the benthic stages of male snow crab, *Chionoecetes opilio* (Brachyura: Majidae) // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 1995. — Vol. 52(5). — P. 903–924. DOI: 10.1139/f95-091.

Somerton D.A., Donaldson W. Contribution to the biology of the grooved and triangle Tanner crab *Chionoecetes tanneri* and *C. angulatus*, in the eastern Bering Sea // Fish. Bull. — 1996. — Vol. 94(2). — P. 348–357.

Somerton D.A., Otto R.S. Distribution and reproductive biology of the golden king crab, *Lithodes aequispina*, in the eastern Bering Sea // Fish. Bull. — 1986. — Vol. 84(3). — P. 571–584.

Taylor M.H., Mildenerberger T.K. Extending electronic length frequency analysis in R // Fish. Manag. Ecol. — 2017. — Vol. 24, № 4. — P. 330–338.

References

Artemenkov, D.V., Sologub, D.O., and Kivva, K.K., Structural analysis of broad-toed crabs in snow crabs using the statistical language R, in *Mater. 4-y nauchn. shkoly-konf. mol. uchenykh i spetsialistov "Sovremennyye aspekty rybkhozyaystvennoy nauki i genomnyye tekhnologii v akvakulture i rybolovstve"* (Proc. 4th Sci. Entific. Schools Pier. Scientists and Specialists "Modern aspects of fisheries science and genomic technologies in aquaculture and fisheries"), Sytova, M.V., Muge, N.S., Gordeev, I.I., eds, Moscow: VNIRO, 2023, pp. 10.

Bizikov, V.A., Alexeyev, D.O., Abaev, A.D., Artemenkov, D.V., Afeichuk, L.S., Bakanev, S.V., Borisovets, E.E., Botnev, D.A., Borilko, O.Yu., Buyanovsky, A.I., Vlasenko, R.V., Galanin, D.A., Gon, R.T., Goryanina, S.V., Grigorov, V.G., Drobyazin, E.N., Dulenina, P.A., Zhukovskaya, G.V., Zuev, M.A., Ivanov, P.Yu., Ilyin, O.I., Karpinsky, M.G., Kim, A.Ch., Klinushkin, S.V., Lysenko, A.V., Manushin, I.E., Matushkin, V.B., Metelyov, E.A., Mikhaylova, O.G., Moiseev, S.I., Nizyaev, S.A., Pavlov, V.A., Pereladov M.V., Saenko, E.M., Sennikov, A.M., Sergeenko, V.A., Slezkin, A.G., Smirnov, I.P., Sologub, D.O., Stesko, A.V., Kharitonov, A.V., Khoroshutina, O.A., Shaginyan, E.R., Shcherbakova, Ju.A., Chalienko, M.O., Chernienko, I.S., and Yuriev, D.N., Fishery resources of commercial invertebrates of Russian seas and it's use during 2000–2020, *Tr. Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 195, pp. 142–204. doi 10.36038/2307-3497-2024-195-142-204. EDN: NRTBOO

Buyanovsky, A.I., Alekseev, D.O., Sologub, D.O., and Bizikov, V.A., *Dinamika zapasov i regulirovaniye promysla krabov v moryakh Rossi* (Dynamics of stocks and regulation of crab fisheries in the seas of Russia), Moscow: VNIRO, 2023.

Buyanovsky, A.I. and Voydakov, E.V., Age-structure of the Habomai Islands populations of grass shrimp *Pandalus latirostris* (Decapoda, Pandalidae), *Vopr. Rybolov.*, 2011, vol. 12, no. 2(46), pp. 274–292. EDN: NXAJEP

Vinberg, G.G., Linear dimensions and body weight of animals, *Zh. Obshch. Biol.*, 1971, vol. 32, no. 6, pp. 714–723.

Lisitsyn, A.P., *Protsessy okeanskoy sedimentatsii: litologiya i geokhimiya* (Processes of ocean sedimentation: lithology and geochemistry), Moscow: Nauka, 1978.

Marin, I.N., *Malyy atlas desyatinogikh rakoobraznykh Rossii* (Small atlas of decapods of Russia), Moscow: KMK, 2013.

Melnik, A.M., Abaev, A.D., Vasilyev, A.G., Klinushkin, S.V., and Metelev, E.A., *Kraby i kraboidy severnoy chasti Okhotskogo moray* (Crabs and craboids of the northern part of the Sea of Okhotsk), Magadan: Tipografiya, 2014.

Metelev, E.A., Grigorov, V.G., and Vasiliev, A.G., Angulatus snow crab *Chionoecetes angulatus* (Brachyura, Majidae) in the area of the TINRO depression of the North Sea of Okhotsk subzone: features of biology and fishing, *Vopr. Rybolov.*, 2016, vol. 17, no. 4, pp. 446–458. EDN: XBJKAB

Mina, M.V., Allometric growth, in *Kolichestvennyye aspekty rosta organizmov* (Quantitative aspects of the human body), Moscow: Nauka, 1975, pp. 176–180.

Moiseev, S.I., Buyanovsky, A.I., Deminov, A.N., Klinushkin, S.V., and Moiseeva, S.A., Application of the morphometric maturity coefficient to determine terminal molt in the crab *Chionoecetes angulatus* from the Okhotsk Sea, *Tr. Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2020, vol. 179, pp. 5–25. doi 10.36038/2307-3497-2020-179-5-25. EDN: MWQXZD

Moiseev, S.I., Buyanovsky, A.I., and Moiseeva, S.A., Determination of wide-fingeredness in snow crabs of the genus *Chionoecetes* in field conditions, *Tr. Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2018, vol. 172, pp. 6–26. doi 10.36038/2307-3497-2018-172-6-26. EDN: YRRYXR

Nizyaev, S.A., Biological characteristics of deep-sea snow crabs *Chionoecetes angulatus* and *C. tanneri* of the northern Kuril Islands, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2001, vol. 128, pp. 634–643. EDN: HZAENZ

Nizyaev, S.A., Bukin, S.D., Klitin, A.K., Perveeva, E.R., Abramova, E.V., and Krutchenko, A.A., *Posobiye po izucheniyu promyslovykh rakoobraznykh dal'nevostochnykh morei Rossii* (Hand-book for the Study of Commercial Crustaceans in the Far Eastern Seas of Russia), Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO, 2006.

Perveeva, E.R., Biological characteristic of the deep-water snow crabs *Chionoecetes angulatus* and *C. japonicus* along Sakhalin Island, *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2004, vol. 6, pp. 194–210. EDN: WILMSL

Perveeva, E.R., Molting cycle of deep snow crab *Chionoecetes angulatus* in the Eastern Sakhalin waters, *Vopr. Rybolov.*, 2015, vol. 16, no. 2, pp. 193–206. EDN: TZKFBVJ

Perveeva, E.R. and Bukin, S.D., Reproductive parameters of female deepwater red snow crabs in the area of sakhalin and kuril islands, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2013, vol. 172, pp. 106–118. EDN: QCKRVX

Slizkin, A.G., *Atlas-opredelitel' krabov i krevetok dal'nevostochnykh morei Rossii* (Atlas-determinant of crabs and shrimps of the Far Eastern seas of Russia), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2010.

Slizkin, A.G. and Safronov, S.G., *Promyslovye kraby prikamchatskikh vod* (Commercial Crabs of Kamchatkan Coastal Waters), Petropavlovsk-Kamchatsky: Severnaya Patsifika, 2000.

Chuchukalo, V.I., Nadtochiy, V.A., Napazakov, V.V., Borilko, O.Yu., and Nuzhdenko, S.A., Nutrition and some ecological features of the crabs *Lithodes aequispinus* and *Chionoecetes angulatus* in the waters of Northwestern Kamchatka in autumn, *Marine Biological Journal*, 2016, vol. 1, no. 2, pp. 51–60. doi 10.21072/mbj.2016.01.2.06. EDN: WJEEKF

Conan, G.Y. and Comeau, M., Functional maturity and terminal molt of male snow crab, *Chionoecetes opilio*, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1986, vol. 43, no. 9, pp. 1710–1719. doi 10.1139/f86-214

Froese, R., Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations, *J. Appl. Ichthyol.*, 2006, vol. 22, no. 4, pp. 241–253. doi 10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x

Froese, R. and Binohlan, C., Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data, *J. Fish. Biol.*, 2000, vol. 56, no. 4, pp. 758–773. doi 10.1111/j.1095-8649.2000.tb00870.x

Ito, K., Maturation and spawning of the queen crab, *Chionoecetes japonicus*, in the Japan Sea, with special reference to the reproduction cycle, *Bull. Jpn. Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, 1976, no. 27, pp. 59–74. (In Japanese with English summary).

Jadamec, L.S., Donaldson, W.E., and Cullenberg, P., *Biological field techniques for Chionoecetes crabs*, Fairbanks: Alaska Sea Grant College Program, 1999. doi 10.4027/bftcc.1999

Otto, R.S., Assessment of the eastern Bering Sea snow crab *Chionoecetes opilio* stock under the terminal molting hypothesis, *Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stock Assessment and Management: Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 1998, no. 125, pp. 109–124.

Paul, A.J. and Paul, J.M., Molting of functionally mature male *Chionoecetes bairdi* Rathbun (Decapoda: Majidae) and changes in carapace and chela measurements, *J. Crustac. Biol.*, 1995, vol. 15, no. 4, pp. 686–692. doi 10.2307/1548818

Sainte-Marie, B., Raymond, S., and Brêthes, J.C., Growth and maturation of the benthic stages of male snow crab, *Chionoecetes opilio* (Brachyura: Majidae), *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1995, vol. 52, no. 5, pp. 903–924. doi 10.1139/f95-091

Somerton, D.A. and Donaldson, W., Contribution to the biology of the grooved and triangle Tanner crab *Chionoecetes tanneri* and *C. angulatus*, in the eastern Bering Sea, *Fish. Bull.*, 1996, vol. 94, no. 2, pp. 348–357.

Somerton, D.A. and Otto, R.S., Distribution and reproductive biology of the golden king crab, *Lithodes aequispina*, in the eastern Bering Sea, *Fish. Bull.*, 1986, vol. 84, no. 3, pp. 571–584.

Taylor, M.H. and Mildenberger, T.K., Extending electronic length frequency analysis in R, *Fish. Manag. Ecol.*, 2017, vol. 24, no. 4, pp. 330–338.

Chionoecetes angulatus Rathbun, 1924, *World Register of Marine Species*, DecaNet, eds. <https://www.marinespecies.org>. Cited November 21, 2025.

R Core Team, R: *A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2022, version 4.1.3. <https://www.R-project.org/>. Cited January 15, 2026

Ogle, D.H., *FSA: fisheries stock analysis*. R package version 0.4.30, 2011. <http://www.rforge.net/FSA/>. Cited January 15, 2026.

Поступила в редакцию 3.04.2026 г.

После доработки 29.05.2026 г.

Принята к публикации 15.06.2026 г.

The article was submitted 3.04.2026; approved after reviewing 29.05.2026;
accepted for publication 15.06.2026

**УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ
ENVIRONMENTS OF FISHERIES RESOURCES**

Научная статья

УДК [639.222.5:551.46]/(265.5)**DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-316-330****EDN: RQASYF****ВЛИЯНИЕ АНОМАЛЬНЫХ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ПРОМЫСЕЛ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ САРДИНЫ
В ПРИКУРИЛЬСКИХ ВОДАХ В 2025 Г.****Д.В. Антоненко, Ю.В. Новиков, Е.В. Самко, Е.И. Устинова, Е.О. Басюк***Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

Аннотация. Основной причиной кардинального изменения нагульных миграций сардины иваси в 2025 г., оказавшего решающее влияние на значительное снижение вылова российских рыбаков, явилась аномальная океанологическая ситуация в весенний период, характеризовавшаяся интенсификацией течения Ойасио, снижением в связи с этим адвекции трансформированных субтропических вод из теплого антициклонического южнокурильского вихря и, соответственно, запоздалым прогревом вод в экономической зоне России. Сдвиг сроков формирования благоприятных условий для миграций привел к тому, что нагульные скопления сардины частично остались в исключительной экономической зоне Японии, а частично ушли на северо-восток и восток в конвенционный район, не заходя в российские воды.

Ключевые слова: дальневосточная сардина иваси, температура поверхности океана, промысел, прикурильские воды, океанологические условия

Для цитирования: Антоненко Д.В., Новиков Ю.В., Самко Е.В., Устинова Е.И., Басюк Е.О. Влияние аномальных океанологических условий на распределение и промысел дальневосточной сардины в прикурильских водах в 2025 г. // Изв. ТИНРО. — 2026. — Т. 206, вып. 2. — С. 316–330. DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-316-330. EDN: RQASYF.

* Антоненко Дмитрий Валерьевич, кандидат биологических наук, заведующий сектором, dmitrii.antonenko@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0001-6926-757X; Новиков Юрий Васильевич, главный специалист, iurii.novikov@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0008-5245-6882; Самко Евгений Владимирович, кандидат географических наук, заместитель заведующего лабораторией, evgenii.samko@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0000-7763-0877; Устинова Елена Ивановна, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, elena.ustinova@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-2322-8505; Басюк Евгений Олегович, ведущий специалист, evgenii.basiuk@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0001-5132-1766.

Original article

Impact of abnormal oceanographic conditions on distribution and fishery of japanese sardine in Kuril waters in 2025

Dmitry V. Antonenko*, Yuri V. Novikov, Evgeny V. Samko***,**

Elena I. Ustinova**, Evgeny O. Basyuk*******

*—**** Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia

* Ph.D., head of sector, dmitrii.antonenko@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0001-6926-757X

** chief specialist, iurii.novikov@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0008-5245-6882

*** Ph.D., deputy head of laboratory, evgenii.samko@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0000-7763-0877

**** Ph.D., leading researcher, elena.ustinova@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-2322-8505

***** leading specialist, evgenii.basiuk@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0001-5132-1766

Abstract. Dramatic change in patterns of the japanese sardine feeding migration in 2025 had a decisive impact on the Russian fishery in Far East and caused a sharp decrease of annual catch. It was reasoned by anomalous oceanographic conditions in spring of this year, with the strong Oyashio Current, poor advection of transformed subtropical water mass with the warm anticyclonic eddy into the South Kuril fishing zone, and accordingly delayed warming of the surface layer there in the southernmost corner of the exclusive economic zone of Russia. The conditions favorable for sardine migration to this area developed too late, that's why their feeding schools either remained within the Japanese EEZ or migrated northeastward and eastward to the open ocean, too far from the Russian coasts.

Keywords: japanese sardine, sardine-iwashi, sea surface temperature, fishery, South Kuril fishing zone, oceanographic conditions

For citation: Antonenko D.V., Novikov Yu.V., Samko E.V., Ustinova E.I., Basyuk E.O. Impact of abnormal oceanographic conditions on distribution and fishery of japanese sardine in Kuril waters in 2025, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2026, vol. 206, no. 2, pp. 316–330. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-316-330. EDN: RQASYF.

Введение

Дальневосточная сардина иваси *Sardinops melanosticta* (Temminck et Schlegel, 1846) [Fricke et al., 2026*] — представитель субтропического комплекса рыб северо-западной части Тихого океана, встречается в широком диапазоне температур от 5,0 до 23,8 °C, однако в период нагула избегает воды менее 8,0 °C [Дударев, 2004; Muko et al., 2018; Sarr et al., 2021]. Динамика ее численности характеризуется значительными колебаниями [Новиков, Свирский, 1987; Беляев, 2003; Барышко, 2009]. Среди флуктуирующих видов нектона системы Куро시오 для иваси характерна наибольшая амплитуда подъемов и падений биомассы и численности. Пики волн численности сардины превосходят аналогичные подъемы других видов [Шунтов, Иванов, 2021]. Палеорекострукции численности рыб в северо-западной части Тихого океана выявили убедительные доказательства многолетней, вековой и тысячелетней динамики запасов сардины и взаимосвязи климата и рыбных ресурсов в позднем голоцене. Циклические изменения численности популяции сардины демонстрировали периодичность около 50, 100 и 300 лет [Kuwaе et al., 2017].

В прошлом веке в северо-западной части Тихого океана было 2 периода увеличения численности сардины иваси, известные как «сардиновые эпохи», — в 1920–1930-е и 1970–1980-е гг. В это время наблюдалось потепление, повлекшее мощную экспансию в дальневосточные умеренные воды субтропических и тропических видов [Шунтов, 2001]. Начиная с 2014 г. отмечаются массовые заходы сардины в тихоокеанские прикурильские воды России, что обусловило существенные структурные изменения

* Fricke R., Eschmeyer W.N. and Van der Laan R. (eds). Eschmeyer's catalog of fishes: genera, species, references. 2026. <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>.

пелагического ихтиоцена в этом районе [Шунтов, Иванов, 2021; Иванов и др., 2024]. С 2016 г. в водах Курильских островов и к востоку от них ведется промысел сардины иваси российским флотом. В последние годы вылов значительно интенсифицировался: в 2020 г. он превысил 300 тыс. т, а в 2024 г. достиг рекордной для современной вспышки численности величины — 594 тыс. т, за счет массовых подходов сардины в экономзону России и увеличения периода нагула. Однако в путину 2025 г. ситуация на промысле сардины резко изменилась: в первой половине лета скопления не зашли на нагул в российские воды у южных Курильских островов и с дальнейшим прогревом поверхностных вод промысел здесь не велся. В итоге российскими судами было выловлено всего 57,5 тыс. т сардины преимущественно за пределами экономической зоны.

Целью настоящей работы являлось установление причин значительного изменения нагульных миграций сардины в северо-западной части Тихого океана и катастрофического падения вылова российских рыбаков сардины иваси в водах южных Курильских островов в 2025 г.

Материалы и методы

Для анализа условий в зоне воспроизводства использовались регулярные суточные данные о температуре поверхности океана (ТПО), о температуре воды на горизонтах 50, 100, 200 и 400 м и о течениях, получаемые в рамках международного проекта NEAR-GOOS (<https://ds.data.jma.go.jp/gmd/goos/data/rrtdb/jma-pro.html>), участником которого является Россия. Эту базу поддерживает в оперативном режиме Японское метеорологическое агентство — Japan Meteorological Agency (JMA). Районы осреднения показателей — это центры нереста сардины в СЗТО. В районах нагула сардины иваси показатели осреднялись для Южно-Курильского района (ЮКР) и северных прикурильских вод.

В работе использовались данные океанографических и траловых съемок в СЗТО, которые выполнялись в рамках проведения комплексных морских экспедиций научно-исследовательскими судами (НИС) ВНИРО, выбранные из баз данных ТИНРО «Океанография» и «Морская биология». Кроме того, развитие основных течений, их ветвей и вихрей диагностировалось с использованием спутниковых данных, которые принимаются и обрабатываются в Центре коллективного пользования Регионального спутникового мониторинга окружающей среды ДВО РАН.

Промысловая информация получена из отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов «Рыболовство» (ОСМ «Рыболовство»). Анализировалась ежедневная отчетность в виде судовых суточных донесений (ССД). Обработку информации и визуализацию полученных результатов проводили с помощью программ Ocean Data View (ODV), Observer и Surfer. Аномалии океанографических параметров для экспедиционных данных рассчитывались с использованием среднееголетних значений из электронного атласа Мирового океана WOA13*, а для данных проекта NEAR-GOOS — с использованием среднееголетних значений за 30-летний период 1991–2020 гг. (<https://ds.data.jma.go.jp/gmd/goos/data/rrtdb/jma-pro.html>).

Модуль градиента температуры рассчитывался центрально-разностным способом по формуле

$$G = \sqrt{(\partial t / \partial x)^2 + (\partial t / \partial y)^2}.$$

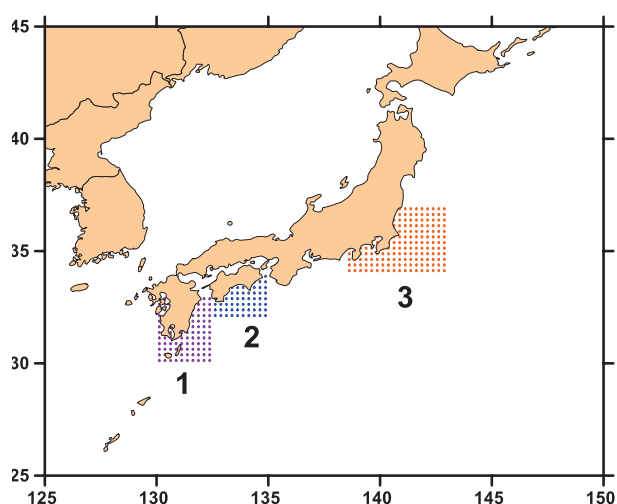
Результаты и их обсуждение

Основные районы воспроизводства сардины с тихоокеанской стороны Японии (рис. 1) характеризуются на современном этапе высокой численности более теплыми

* Mishonov A. The Climate Data Guide: World Ocean Atlas 2013 (WOA13). 2016. <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/world-ocean-atlas-2013-woa13>.

Рис. 1. Зона воспроизводства сардины тихоокеанской популяции: 1 — у о. Кюсю; 2 — у о. Сикоку, включая зал. Тоса; 3 — район п-ова Босо

Fig. 1. Spawning and reproduction areas of japanese sardine along the Pacific coast of Japan: 1 — off Kyushu Island; 2 — off Shikoku Island, including Tosa Bay; 3 — off Boso Peninsula of Honshu Island



условиями, чем в предыдущую вспышку ее численности (1970–1980 гг.), когда относительно холодные (в сравнении с современным периодом) условия отмечались не только на поверхности, но и на горизонтах до 400 м. В последний 40-летний период статистически значимые длительные тренды к потеплению не отмечены ни в одном районе нерестилищ (рис. 2). Однако в последние 10 лет наблюдается заметный по сравнению с предыдущим десятилетием рост дисперсии температуры поверхности

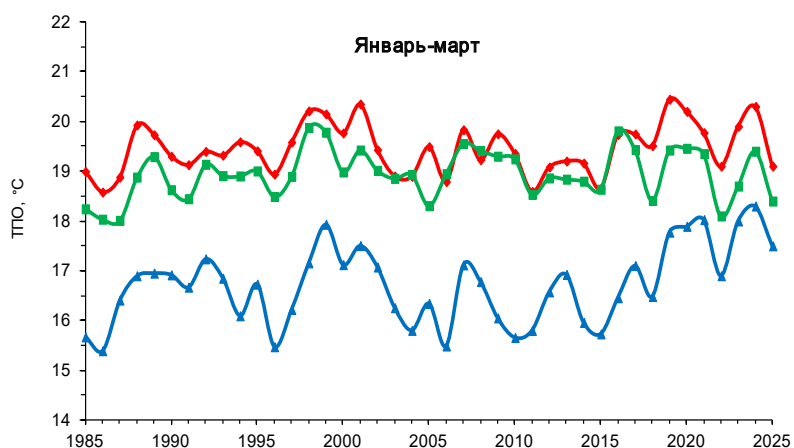
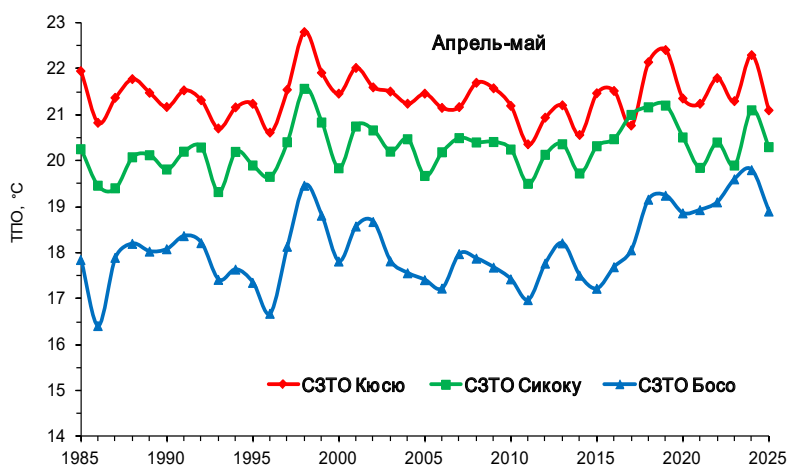


Рис. 2. Динамика температуры поверхности океана в основных районах воспроизводства сардины тихоокеанской популяции в зимние (вверху) и весенние (внизу) месяцы

Fig. 2. Dynamics of sea surface temperature on the main spawning grounds of japanese sardine along the Pacific coast of Japan in winter (top panel) and spring (bottom panel)



океана: у о. Кюсю зимой в 1,2 раза, весной — в 1,7; у о. Сикоку — в 2,8 раза зимой и в 2,7 весной; у п-ова Босо — в 1,3 раза зимой и в 2,7 раза весной. На всех нерестилищах отмечаются более амплитудные межгодовые колебания термических условий.

Нерестилища в районе п-ова Босо с 2016 г. характеризуются выраженным ростом температуры, что связано с аномально северным положением Первой от о. Хонсю ветви течения Курисио. Экстремально высоких значений ТПО достигла в 2024 г., а средние по этому району аномалии превысили 1,8 °C зимой и 2,2 °C весной (рис. 3). Именно в этот год Первая ветвь Курисио достигала экстремально северного положения (рис. 4). Второй зимний экстремум по абсолютным значениям здесь наблюдался в 2023 и 2021 гг., весенний — в 2023 г. Заполнение этого района воспроизводства сардины малопродуктивными субтропическими водами Курисио неблагоприятно для развития кормового планктона, что могло оказать негативное воздействие на пополнение. Помимо того, что данный район является северным центром нереста, он также критически важен для дрейфа личинок и мальков с южных нерестилищ в северном и северо-восточном направлениях. Как показали экспедиционные исследования, проведенные в зоне нагула в летний и осенний периоды 2025 г., размерный состав сардины отразил немногочисленность поколений, родившихся в эти экстремальные годы (2023 и 2024 гг.).

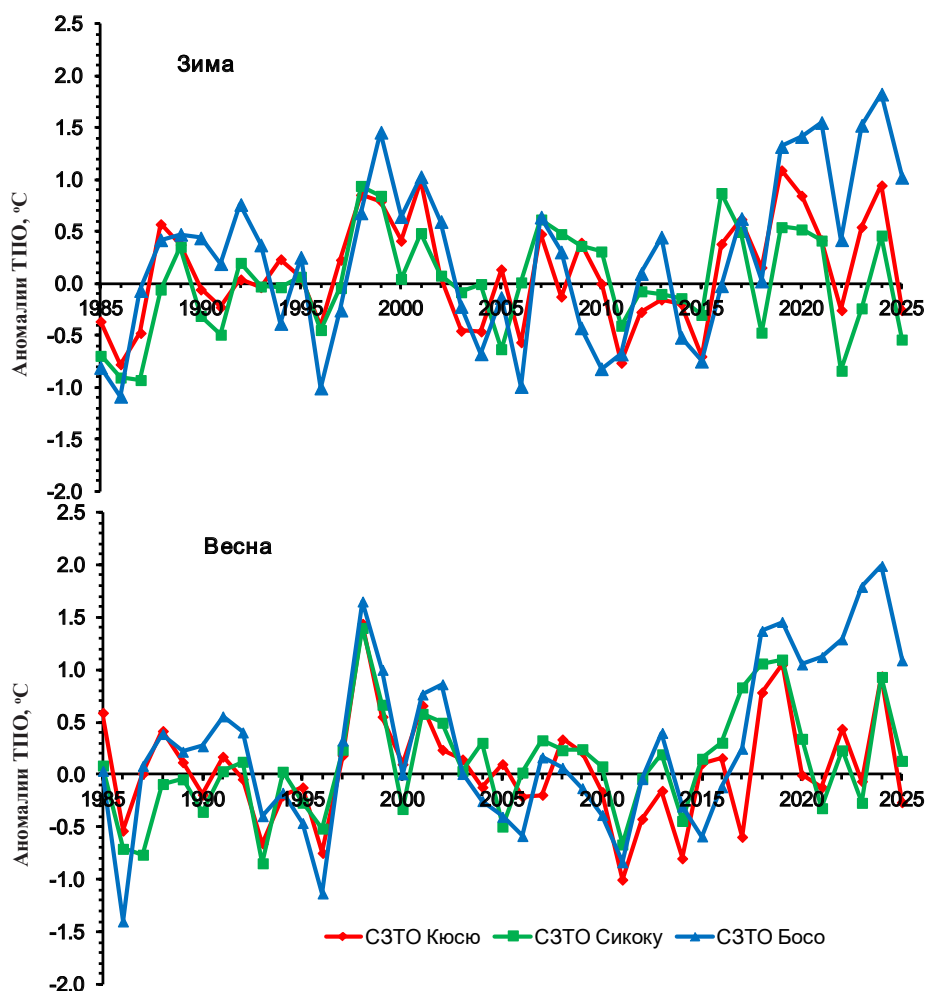


Рис. 3. Аномалии ТПО (1985–2025 гг.) зимой (вверху) и весной (внизу) в основных районах воспроизводства сардины тихоокеанской популяции

Fig. 3. SST anomalies (relative to average for 1985–2025) on the main spawning grounds of japanese sardine along the Pacific coast of Japan in winter (top panel) and spring (bottom panel)

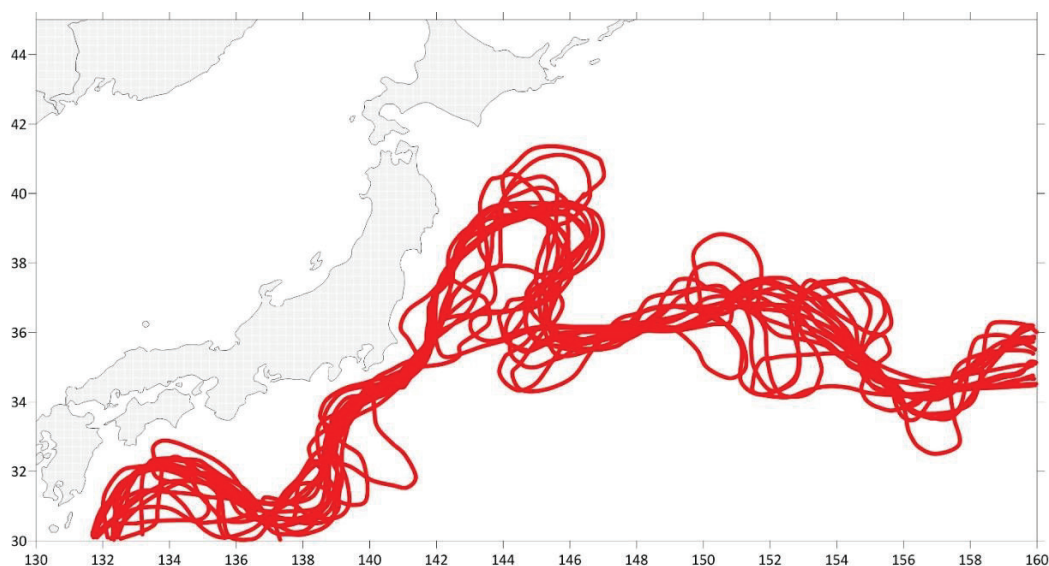


Рис. 4. Положение оси течения Курошио в январе-мае 2024 г.

Fig. 4. Position of the Kuroshio Current axis in January-May of 2024

В периоды с холодными условиями наблюдается более интенсивное вертикальное перемешивание в зимнее время, а значит, и большее поступление биогенных элементов в верхний фотический слой, что способствует развитию фито- и зоопланктона и в конечном итоге создает более благоприятные кормовые условия для сардины на ранних стадиях развития. На успешность воспроизводства может оказывать влияние неблагоприятное сочетание аномалий температуры в зимний и весенний периоды [Давыдова, Зуенко, 2004]. Высокие положительные аномалии зимой способствуют аномально раннему нересту сардины, а отрицательные аномалии весной — значительному сдвигу весеннего «цветения» на более поздние сроки [Зуенко, Першина, 2011]. Это создает неблагоприятные условия из-за несовпадения сроков массового выклева личинок и обилия пищи для них. В современный период роста численности сардины такое неблагоприятное сочетание зимних и весенних аномалий практически отсутствовало (см. рис. 3). Однако общий высокий температурный фон последних лет несет некоторые риски, так как свидетельствует об ослаблении зимнего вертикального перемешивания и, соответственно, о меньшем поступлении биогенов в верхние слои.

По данным, полученным в рамках международного научно-технического сотрудничества, объемы нереста сардины уменьшались с 2022 по 2024 г. Причем объем нереста в 2024 г. составил всего 32 % от уровня предыдущего года. Однако в сезон 2025 г. объем выметанной икры возрос по сравнению с предыдущим сезоном более чем в 2 раза*. При этом океанологическая ситуация стала более благоприятной для выживаемости на ранних стадиях онтогенеза.

Вероятно, ситуация в зоне воспроизводства — значительное снижение объемов нереста в нерестовый сезон 2024 г. и низкая выживаемость личинок в 2023–2024 гг. — сказалась на подходе промысловых скоплений сардины иваси в исключительной экономической зоне (ИЭЗ) России в 2025 г.

По результатам анализа океанологических условий весны — начала лета 2025 г. температура поверхностных вод в пределах западной части ИЭЗ России и прилегающей части ИЭЗ Японии в мае-июне была значительно ниже, чем в аналогичном периоде 2024 г.: разность достигала 4–8 °C (рис. 5).

* Данные по состоянию биоресурсов в водах Японии ежегодно передаются ТИНРО (на взаимной основе) по линии многолетнего научно-технического сотрудничества между Россией и Японией.

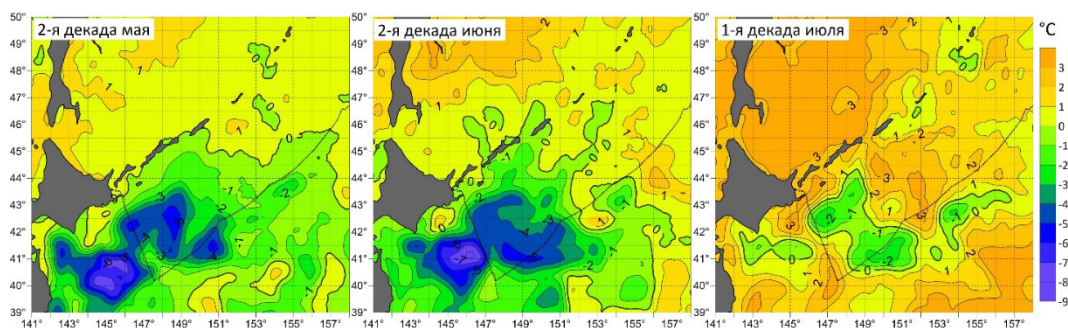


Рис. 5. Разность декадных значений ТПО между 2025 и 2024 гг. в мае-июле
Fig. 5. SST difference between the years 2025 and 2024 in May-July, by 10-days

В 2024 г. фронтальная зона северо-восточной границы южнокурильского антициклонического вихря А46, который является теплым рингом Куроисио [Самко, Булатов, 2014], находилась в водах России, где уже в конце апреля начался промысел сардины. Весной 2025 г. этот вихрь был ослаблен, занимал меньшую площадь и располагался северо-западнее, вблизи мыса Эримо (рис. 6).

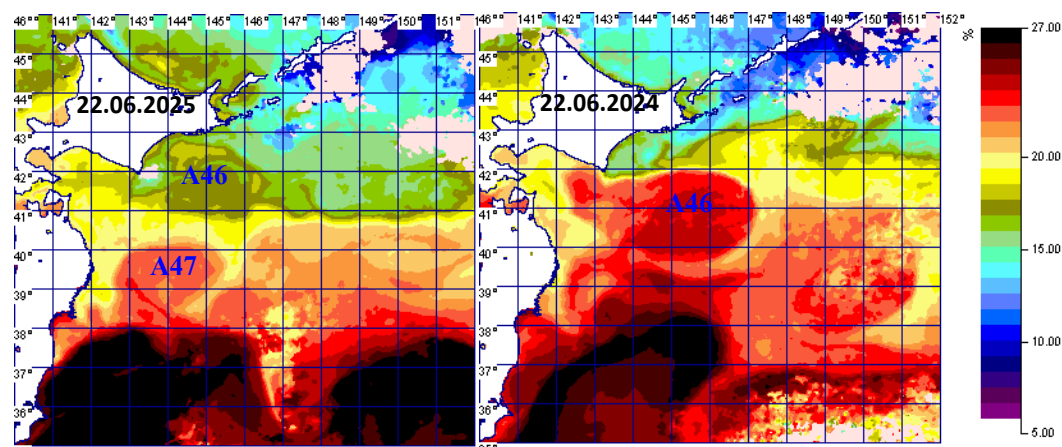


Рис. 6. Спутниковые изображения MTSAT за 22 июня 2025 и 2024 гг.
Fig. 6. MTSAT satellite images for June 22, 2025 and June 22, 2024

Данные комплексной экспедиции в СЗТО, проведенной силами двух НИС с 3 июня по 2 июля 2025 г., позволили выявить отрицательные аномалии температуры воды в слое от поверхности до 500 м и значительное похолодание по сравнению с предыдущим годом в южной части съемки, особенно в поверхностном слое — на 4–7 °С. В отличие от предыдущих лет, к югу и востоку от Малой Курильской гряды не были обнаружены воды субтропического происхождения, связанные с антициклоническим вихрем. При этом за пределами ИЭЗ России в восточной части съемки между 163 и 167° в.д. трансформированные субтропические воды отмечались на широте 46°35' с.ш., здесь Северный субарктический фронт значительно отклонился к северу по сравнению с его среднемноголетним положением. Аналогичная ситуация наблюдалась в 1981 г., когда Северный субарктический фронт был смещен в северо-восточном направлении [Дарницкий, Булатов, 2002].

Темпы весенне-летнего прогрева поверхностных вод в 2025 г. были значительно ниже прошлогодних за счет низкой адвекции теплых вод в ИЭЗ России. Такая ситуация, по нашему мнению, была вызвана усилением активности течения Ойясио, наблюдавшимся с марта до начала июня, хорошо заметным по сравнению с двумя предыдущими годами, и положением антициклона А46 (рис. 7).

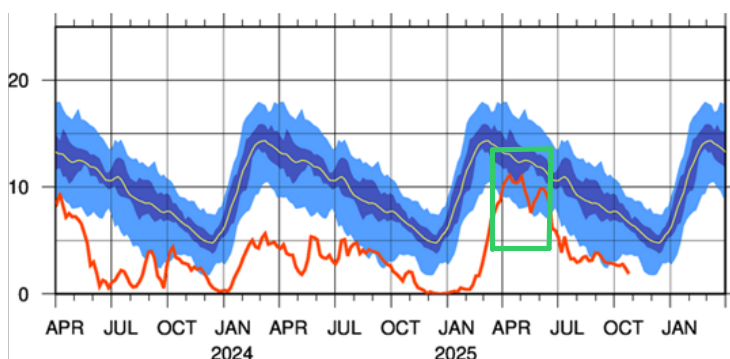


Рис. 7. Площадь вод течения Ойясио, 10^4 км^2 в 2024–2025 гг. (красная кривая) в сравнении со средними многолетними значениями (серая линия) и ранее наблюдавшимся диапазоном (синяя заливка) по данным JMA (https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/db/kaikyo/oyashio/oyashio_area.html)

Fig. 7. The area occupied by Oyashio water in 2024–2025, 10^4 km^2 (red line) compared with the long-term average values (gray line) and previously observed range (blue shading), by JMA data (https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/data/db/kaikyo/oyashio/oyashio_area.html)

Большая часть акватории исключительной экономической зоны Российской Федерации в мае–июне 2025 г., где годом ранее уже велся промысел, была занята водами с температурой менее 8°C , некомфортными для нагула сардины (рис. 8). Однако в третьей декаде июня с ослаблением Ойясио темпы потепления резко возросли, и уже в первой декаде июля температура воды на поверхности рассматриваемого района была близка к прошлогодней. Далее в течение августа–октября температура воды на поверхности Южно-Курильского района была незначительно ниже прошлогодней и не выходила за пределы оптимальных значений для нагула и образования скоплений дальневосточной сардины [Новиков и др., 2025].

В течение лета–осени вдоль островов, включая и северные Курильские острова, происходило формирование типичных структур поверхностных вод и фронтальных разделов, перспективных для образования промысловых скоплений сардины, на которых в предыдущие годы велся успешный промысел.

В путину 2024 г. российскими рыбаками был поставлен рекорд вылова сардины иваси — 592 тыс. т в водах Курильских островов с начала возобновления промысла этой рыбы в 21-м веке (рис. 9). Успех вылова был обеспечен большим количеством рыбы, зашедшей на нагул в ИЭЗ России.

В 2024 г. промысел сардины начался в третьей декаде апреля и велся сначала в открытых водах у границы исключительной экономической зоны России на Северном субарктическом фронте (рис. 10). Далее по мере быстрого прогрева вод и образования фронтальных разделов успешный промысел продолжился уже в пределах ИЭЗ [Антоненко и др., 2025]. Всего за рассматриваемый период в промысле участвовало от 16 до 24 промысловых судов, вылов на судо-сутки менялся от 162 до 187 т с максимумом в июне. Вылов на первую декаду июля составил 132 тыс. т.

В путину 2025 г. промысел начался в первой декаде мая и велся на Северном субарктическом фронте в открытых водах у границы ИЭЗ до конца июня. В мае благодаря высокой плотности скоплений эффективность лова сардины была очень высока (383 т на судо-сутки), значительно превысив показатели 2024 г. (172 т). В июне она начала быстро снижаться и достигла минимума в конце месяца, в среднем за месяц составив 180 т на судо-сутки. Надо отметить, что в 2024 г. из-за быстрого прогрева поверхностных вод уже во второй половине апреля часть судов начала промысел в пределах исключительной экономической зоны России, а в мае и июне основной промысел велся в российских водах.

В первой декаде июля 2025 г. в пределах ИЭЗ России в результате быстрого прогрева установились уже комфортные условия для нагула сардины и образования

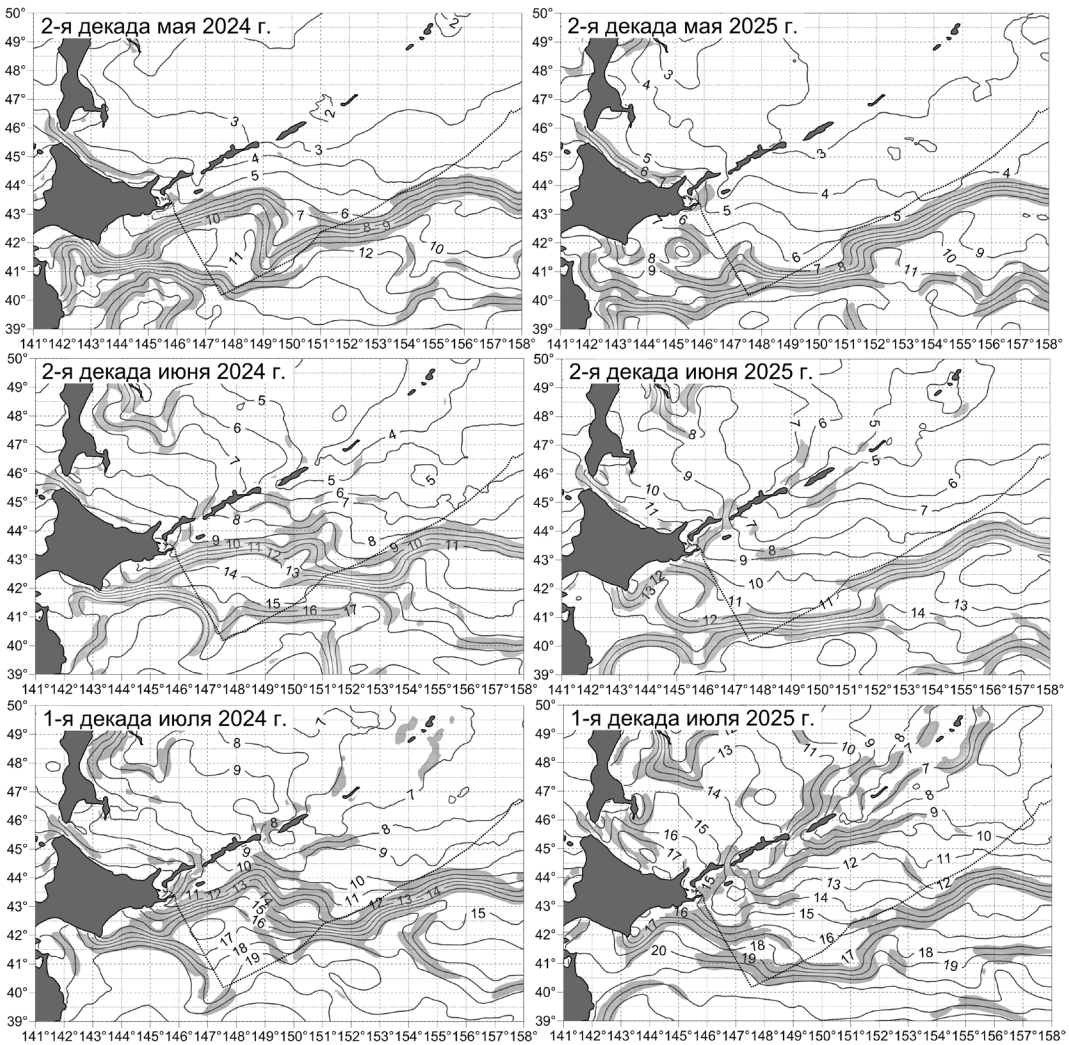


Рис. 8. Распределение поверхностной температуры и температурных градиентов более 0,03 °C/км во 2-й декада мая-июля 2024 и 2025 гг.

Fig. 8. Spatial distribution of sea surface temperature and gradients of temperature ($> 0.03\text{ }^{\circ}\text{C/km}$ only) in the 2nd ten-day periods of May, June and July in 2024 and 2025

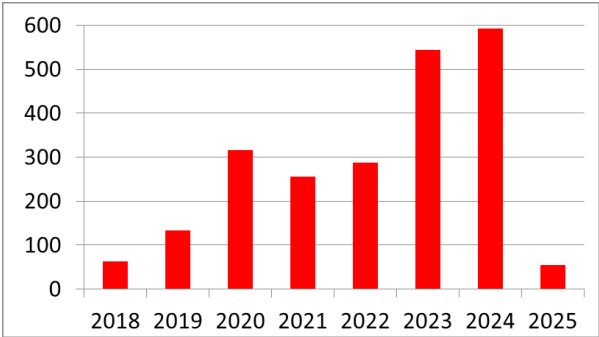


Рис. 9. Вылов сардины иваси российскими судами в 2018–2025 гг., тыс. т

Fig. 9. Annual catch of japanese sardine by the Russian fleet in 2018–2025, 10³ t

промысловых скоплений, но таковых обнаружено не было. Небольшие уловы были получены только в Южно-Курильском проливе до конца первой декады, потом промысел был прекращен. Всего промысел велся 5–10 судами, вылов составил 50 тыс. т. Хотя к июлю температура воды на поверхности достигла прошлогодних значений, критический период для захода косяков в ИЭЗ России был упущен. Основная масса

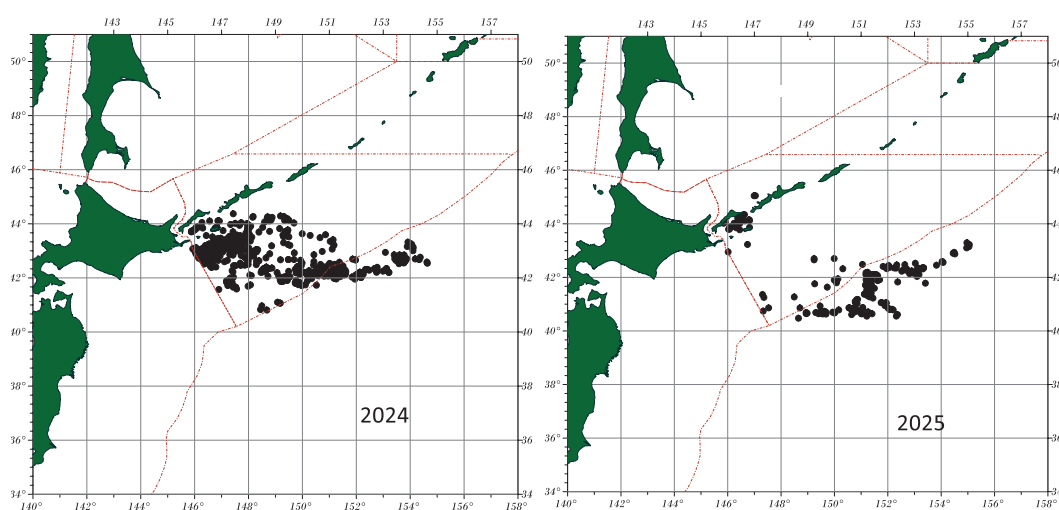


Рис. 10. Районы промысла пелагических рыб российскими судами в прикурильских водах в мае-июле 2024 и 2025 гг.

Fig. 10. Russian pelagic fishing areas in Kuril waters in May-July of 2024 and 2025

скоплений промысловых рыб уже мигрировала вдоль Северного субарктического фронта, вытянутого в северо-восточном направлении, в открытые океанические воды.

В дальнейшем поисковые работы, проведенные в августе, затем в октябре силами добывающих, а также исследовательских судов в водах Курильских островов (в пределах ИЭЗ), подтвердили отсутствие промысловых скоплений дальневосточной сардины. При этом поиск, осуществленный силами научно исследовательских судов за пределами ИЭЗ России в сентябре, показал скопления нагуливающейся сардины размером менее 15 см (возраст преимущественно 0+). Можно констатировать, что вышеописанная океанологическая ситуация вызвала кардинальное изменение нагульных миграций сардины в 2025 г.

Численность (сопоставимая с оценками предыдущих съемок) нагуливающейся молоди сардины возраста 0+ и 1+ в открытых водах осенью 2025 г. дает все основания для благоприятного прогноза подходов половозрелой части популяции тихоокеанской сардины иваси на ближайшие 2–3 года. Общий запас сардины тихоокеанской популяции, несколько снизившись после 2022 г. из-за уменьшения интенсивности нереста, в настоящее время находится на среднем уровне, уступая высоким значениям 1980-х гг., однако превосходя оценки 1990–2000-х гг., когда популяция находилась в депрессии. Результаты промысла сардины иностранными судами показали, что вылов в 2025 г. японских рыбаков, которые ведут добычу преимущественно в своей экономзоне, составил 104 % от предыдущего года, а китайских, которые работают в открытых водах к востоку от о-вов Хоккайдо и южных Курильских, — 113 % (<https://www.npfc.int/annual-reports>). Это косвенно подтверждает, что уровень запаса сардины тихоокеанской популяции в 2025 г. находился как минимум на уровне предыдущего года, а значительное снижение вылова российских рыбаков произошло не по причине резкого снижения запаса, а из-за изменения характера миграций и перераспределения районов нагула в северо-западной части Тихого океана.

Анализ промысловых и океанологических данных за предыдущий период увеличения численности сардины иваси в 1970–1980-х гг. выявил, что аналогичная ситуация с распределением скоплений сардины иваси наблюдалась в 1981 г. В тот год вследствие медленного прогрева поверхностных вод весной до середины июля в ЮКР сохранялись неблагоприятные для нагула сардины условия: температура поверхностных вод была ниже 8 °C (рис. 11). Это хорошо видно на рис. 12, где представлен ход среднедекадной температуры и аномалий ТПО в ЮКР в смежные 1980–1981, 2024–2025 гг. Температура

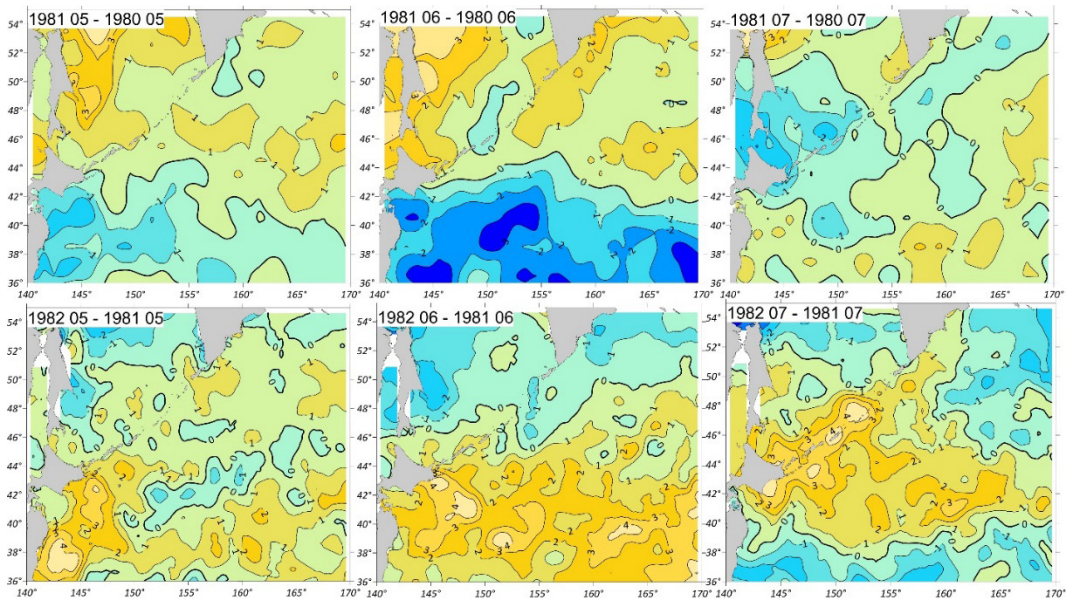


Рис. 11. Разность ТПО между 2-й декадой мая, июня, июля 1981 и 1980 гг. (верхний ряд) и между 2-й декадой мая, июня, июля 1982 и 1981 гг. (нижний ряд)
Fig. 11. SST difference between the years 1981 vs 1980 (top row) and 1982 vs 1981 (bottom row) in May, June and July, for the 2nd ten-day period of each month

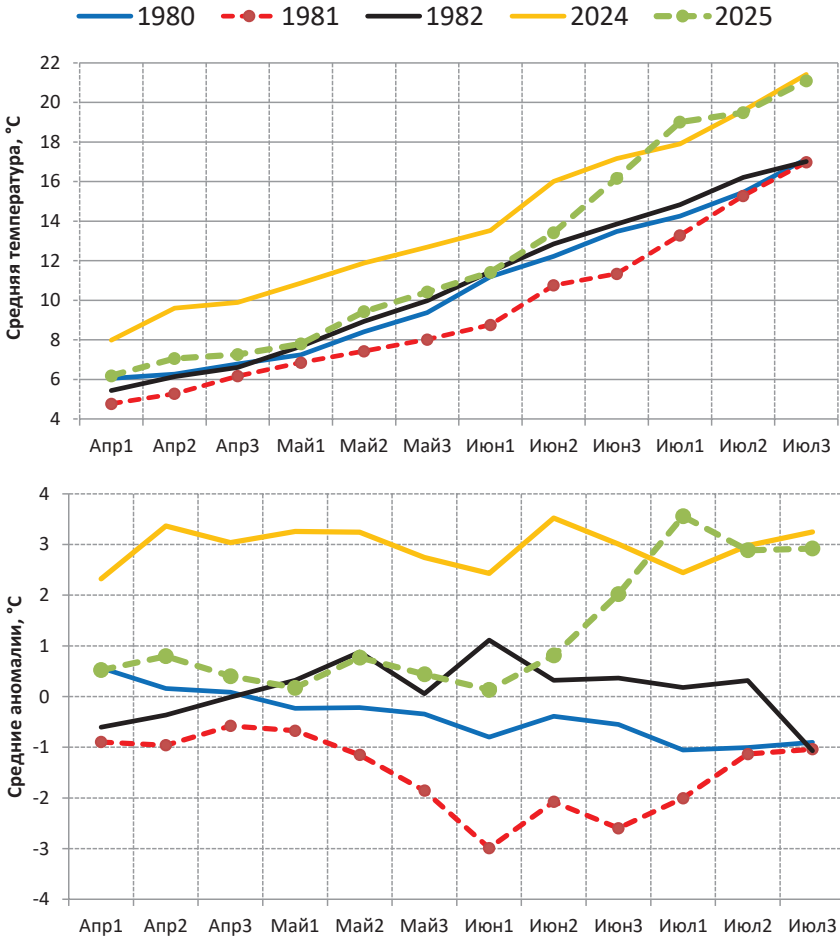


Рис. 12. Среднедекадная температура (вверху) и средние аномалии (внизу) ТПО в апреле-июле 1980–1982 и 2024–2025 гг. в Тихом океане, 38–46° с.ш. 140–150° в.д.

Fig. 12. Sea surface temperature (top panel) and anomalies of temperature (bottom panel) averaged for the area 38–46° N 140–150° E in April–July of 1980–1982 and 2024–2025, by 10-days

и аномалии в современный период выше, чем в годы-аналоги предыдущей вспышки численности. Аналогичность заключается в том, что прогрев поверхностных вод в 1981 и 2025 гг. заметно отставал от прогрева предыдущих лет (апрель-июнь), а со второй декады июля происходило выравнивание термических условий, однако подходов скоплений промыслового характера в экономзону не отмечалось.

В целом промысел сардины в пределах ИЭЗ СССР у южных Курильских островов в 1981 г. не велся, проводились только поисковые работы. Советские суда добывали сардину в водах Японии (рис. 13). В отличие от прошлых лет, промысел сардины иваси в 1981 г. базировался в основном на скоплениях мелкой рыбы размерами 12–16 см. В июле-октябре промысла сардины иваси в Тихом океане не было, так как на этот период флот СССР перешел в Японское море, где наблюдалась более благоприятная промысловая обстановка. В ноябре-декабре по-прежнему облавливалась мелкая сардина иваси. Промысловая обстановка удерживалась на стабильном уровне и указывала на хорошее состояние запасов рыбы, но в силу изменения гидрологических условий изменились пути нагульных миграций сардины иваси, что определило ее размерный состав в уловах [Барышко, 2009]. В 1982 г. океанологические условия отличались от условий предыдущего года (см. рис. 11, 12), благодаря чему промысловые скопления зашли в воды южных Курильских островов, где был возобновлен промысел. В весенний период 1982 г. в связи с активизацией Первой ветви Куроисио начались активные нагульные миграции сардины иваси в северном и северо-восточном направлениях. Подходы скоплений сардины в экономзону СССР у южных Курильских островов были зафиксированы в первой декаде июня, это более чем на месяц раньше, чем в 1981 г. Промысел сардины в ЮОКР был начат в середине июня и базировался на скоплениях крупной рыбы (на размер крупнее 16 см приходилось 84–98 % уловов) [Барышко, 2009].

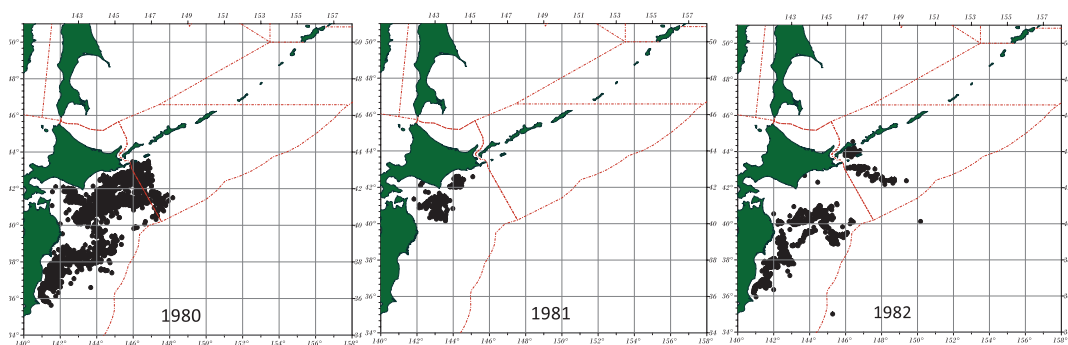


Рис. 13. Районы промысла сардины иваси советским флотом в мае-июне 1980–1982 гг.
Fig. 13. The USSR fishing areas for japanese sardine in May-June of 1980–1982

Проводя аналогии ситуации на промысле сардины в 1980–1982 гг. с современным периодом, можно ожидать, что при благоприятном развитии океанологической обстановки в зоне взаимодействия течений Ойясио-Куроисио сардина продолжит заходить в прикурильские воды на нагул и образовывать скопления промыслового характера в ближайшие годы.

Заключение

Весной 2025 г. в тихоокеанских водах южных Курильских островов отмечались аномальные океанологические условия, вызванные интенсификацией течения Ойясио, снижением в связи с этим адвекции трансформированных субтропических вод из теплого антициклонического южнокурильского вихря и, соответственно, запоздалым прогревом вод в экономической зоне России. Значительно более поздние сроки формирования благоприятных условий для миграций привели к тому, что нагульные скопления сардины частично остались в ИЭЗ Японии, где успешно облавливались флотом этой

страны, а частично ушли на северо-восток и восток в конвенционный район, не заходя в российские воды, что привело к резкому снижению вылова у российских рыбаков.

Кроме этого, на подходы промысловых скоплений сардины иваси в ИЭЗ России в 2025 г. повлияло уменьшение объемов нереста в сезон 2024 г. и, вероятно, низкая выживаемость личинок весной 2023–2024 гг.

При благоприятных условиях развития океанологической обстановки в зоне взаимодействия течений Ойясио-Курисио весной и летом 2026 г. высока вероятность подхода в прикурильские воды скоплений промыслового характера сардины иваси на нагул, что может обеспечить рентабельный промысел российских судов.

Благодарности (ACKNOWLEDGMENT)

Авторы искренне благодарны сотрудникам Тихоокеанского филиала ВНИРО (ТИНРО), участвовавшим в сборе материалов по сардине иваси в учетных траловых съемках ТИНРО и на промысловых судах.

The authors are sincerely grateful to their colleagues from TINRO who collected the data on japanese sardine in trawl surveys and aboard fishing vessels.

Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The study had no sponsor funding.

Соблюдение этических стандартов (CMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы использования животных были соблюдены. Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

All applicable international, national and/or institutional guidelines for care and use of animals were implemented. Authors declare no conflict of interest.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

Авторы принимали равное участие в систематизации материала и написании статьи.

All authors took equal part in systematization and analysis of the materials and writing and illustrating of the text of article.

Список литературы

Антоненко Д.В., Новиков Ю.В., Басюк Е.О. Особенности российского промысла дальневосточной сардины в условиях потепления в северо-западной части Тихого океана // Рыбохозяйственная наука в XXI веке: ключевые направления развития : 3-я Междунар. науч.-практ. конф. и 5-я Школа молодых ученых и специалистов. — М. : ВНИРО, 2025. — С. 33–40. EDN: PNAJAS.

Барышко М.Е. Промысел скумбрии и сардины-иваси на Дальнем Востоке : моногр. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 2009. — 472 с.

Беляев В.А. Экосистема зоны течения Курисио и ее динамика : моногр. — Хабаровск : Хабаровское книжное издательство, 2003. — 382 с.

Давыдова С.В., Зуенко Ю.И. Океанологические основы распространения субтропических рыб в водах Приморья // Гидрометеорология и гидрохимия морей. — Т. 8 : Японское море. — Вып. 2 : Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. — СПб. : Гидрометеиздат, 2004. — С. 175–189.

Дарницкий В.Б., Булатов Н.В. Горизонтальная структура субарктического фронта от Японии до 180° по спутниковым и океанографическим наблюдениям // Океанол. — 2002. — Т. 42, № 3. — С. 337–347.

Дударев В.А. Океанологические основы распределения, миграции и динамики численности дальневосточной сардины // Гидрометеорология и гидрохимия морей. — Т. 8 : Японское

море, вып. 2 : Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биологической продуктивности. — СПб. : Гидрометеиздат, 2004. — С. 229–234. EDN: CYUOKR.

Зуенко Ю.И., Першина Е.А. Изменчивость температуры воды и сроков весеннего «цветения» на нерестилищах сардины иваси в Японском море // Изв. ТИНРО. — 2011. — Т. 165. — С. 251–264. EDN: OEUVOL.

Иванов О.А., Радченко В.И., Шунтов В.П., Старовойтов А.Н. Ихтиоцен верхней эпипелагиали тихоокеанских вод России в период «ренессанса» дальневосточной сардины в начале XXI века // Изв. ТИНРО. — 2024. — Т. 204, вып. 2. — С. 295–308. DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-295-308. EDN: LXEDBS.

Новиков Ю.В., Антоненко Д.В., Самко Е.В. и др. К проблемам промысла сардины иваси в Южно-Курильском районе в 2025 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса : мат-лы 23-й Междунар. ежегод. конф. — М. : ИКИ РАН, 2025. — С. 1–5. EDN: ABEFUN.

Новиков Ю.В., Свирский В.Г. Долгопериодные изменения численности основных промысловых рыб северо-западной части Тихого океана // Биологические ресурсы открытого океана. — М. : Наука, 1987. — С. 189–215.

Самко Е.В., Булатов Н.В. Исследование связи между положением рингов Курошио с теплым ядром и распределением районов промысла сайры по спутниковым данным // Исслед. Земли из космоса. — 2014. — № 2. — С. 18–26. DOI: 10.7868/S0205961413050072. EDN: RYAMUL.

Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2001. — Т. 1. — 580 с.

Шунтов В.П., Иванов О.А. «Неверная рыба» или неверные гипотезы: что происходит с nektonом прикурильских океанических вод? // Изв. ТИНРО. — 2021. — Т. 201, вып. 1. — С. 3–23. DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-3-23. EDN: JPSDJQ.

Kuwae M., Yamamoto M., Sagawa T. et al. Multidecadal, centennial, and millennial variability in sardine and anchovy abundances in the western North Pacific and climate–fish linkages during the late Holocene // Prog. Oceanogr. — 2017. — Vol. 159. — P. 86–98. DOI: 10.1016/j.pocean.2017.09.011.

Muko S., Ohshimo S., Kurota H. et al. Long-term change in the distribution of Japanese sardine in the Sea of Japan during population fluctuations // Mar. Ecol. Prog. Ser. — 2018. — Vol. 593. — P. 141–154. DOI: 10.3354/meps12491.

Sarr O., Kindong R., Tian S. Knowledge on the Biological and Fisheries Aspects of the Japanese Sardine, *Sardinops melanostictus* (Schlegel, 1846) // J. Mar. Sci. Eng. — 2021. — Vol. 9(12). — P. 1403. DOI: 10.3390/jmse9121403.

References

Antonenko, D.V., Novikov, Yu.V., and Basyuk, E.O., Features of the Russian Far Eastern sardine fishery in the context of warming in the northwestern Pacific Ocean, in 3-y *Mezhdunar. nauchoprakt. konf. i 5-ya Shkola molodykh uchenykh i spetsialistov “Rybokhozyaystvennaya nauka v XXI veke: osnovnyye napravleniya razvitiya”* (3rd Int. Sci.-Pract. Conf. and 5th School of young scientists and specialists “Fisheries science in the 21st century: main directions of development”), Moscow: VNIRO, 2025, pp. 33–40. EDN: PNAJAS

Baryshko, M.Ye., *Promysel skumbrii i sardiny-ivasi na Dal'nem Vostoke* (Mackerel and sardine fisheries in the Far East), Vladivostok: Dalrybvtuz, 2009.

Belyayev, V.A., *Ekosistema zony techeniya Kuroshio i yeye dinamika* (Ecosystem of the Kuroshio Current zone and its dynamics), Khabarovsk: Khabarovskoye knizhnoye izdatel'stvo, 2003.

Davydova, S.V. and Zuenko Yu.I., Oceanological foundations of the distribution of subtropical fish in the waters of Primorye, in *Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morei. T. 8: Yaponskoye more. Vyp. 2: Gidrokhimicheskiye usloviya i okeanologicheskkiye osnovy formirovaniya biologicheskoi produktivnosti* (Hydrometeorology and Hydrochemistry of Seas, vol. 8: Sea of Japan, no. 2: Hydrochemical Conditions and Oceanographic Bases of Formation of Biological Productivity), St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 2004, pp. 175–189.

Darnitsky, V.B. and Bulatov, N.V., Horizontal structure of the subarctic front from Japan to 180° on the basis of satellite and oceanographic observations, *Okeanologiya*, 2002, vol. 42, no. 3, pp. 337–347.

Dudarev, V.A., Oceanological bases of distribution, migration and population dynamics of the Far Eastern sardine, in *Gidrometeorologiya i gidrokhimiya morei. T. 8: Yaponskoye more. Vyp. 2: Gidrokhimicheskiye usloviya i okeanologicheskkiye osnovy formirovaniya biologicheskoi produktivnosti* (Hydrometeorology and Hydrochemistry of Seas, vol. 8: Sea of Japan, no. 2: Hydrochemical Conditions

and Oceanographic Bases of Formation of Biological Productivity), St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 2004, pp. 229–234. EDN: CYUOKR

Zuenko, Yu.I. and Pershina, E.A., Variations of sea surface temperature and dates of spring bloom at spawning grounds of Japanese sardine in the Japan Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2011, vol. 165, pp. 251–264. EDN: OEUVVOJ

Ivanov, O.A., Radchenko, V.I., Shuntov, V.P., and Starovoytov, A.N., The fish community of the upper epipelagic layer of Russian pacific waters during the “renaissance” of the Japanese sardine in the early 21st century, *Rus. J. Mar. Biol.*, 2024, vol. 50, no. 7, pp. 369–379. doi 10.1134/S1063074024700366. EDN: ZEGIKS

Novikov, Yu.V., Antonenko, D.V., Samko, E.V., Basyuk, E.O., and Pikalova, D.A., On the problems of the Iwashi sardine fishery in the South Kuril region in 2025, in *Mat-ly 23-y Mezhdunar. yezhegod. konf. “Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa”* (Proc. of the 23rd Int. annual conf. “Modern problems of remote sensing of the Earth from space”), Moscow: Institut kosmicheskikh issledovaniy RAN, 2025. — P. 1–5. EDN: ABEFUN

Novikov, Yu.V. and Svirsky, V.G., Long-term changes in the abundance of the main commercial fish in the northwestern Pacific, in *Biologicheskkiye resursy otkrytogo okeana* (Biological resources of the open ocean), Moscow: Nauka, 1987, pp. 189–215.

Samko, E.V. and Bulatov, N.V., Study of the relationship between the position of warm-core kuroshio rings and the distribution of saury fishing areas using satellite data, *Issledovaniye Zemli iz kosmosa*, 2014, no. 2, pp. 18–26. doi 10.7868/S0205961413050072. EDN: RYAMUL

Shuntov, V.P., *Biologiya dal'nevostochnykh morei Rossii* (Biology of the Far Eastern Seas of Russia), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2001, vol. 1.

Shuntov, V.P. and Ivanov, O.A., “Unreliable fish” or unreliable hypotheses: what happens to nekton in ocean waters off the Kuril Islands?, *Rus. J. Mar. Biol.*, 2021, vol. 47, no. 7, pp. 519–533. doi 10.1134/S1063074021070075. EDN: UWQFAN

Kuwaie, M., Yamamoto, M., Sagawa, T., Ikehara, K., Irino, T., Takemura, K., Takeoka, H., and Sugimoto, T., Multidecadal, centennial, and millennial variability in sardine and anchovy abundances in the western North Pacific and climate–fish linkages during the late Holocene, *Prog. Oceanogr.*, 2017, vol. 159, pp. 86–98. doi 10.1016/j.pocean.2017.09.011

Muko, S., Ohshimo, S., Kurota, H., Yasuda, T., and Fukuwaka, M., Long-term change in the distribution of Japanese sardine in the Sea of Japan during population fluctuations, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 2018, vol. 593, pp. 141–154. doi 10.3354/meps12491

Sarr, O., Kindong, R., and Tian, S., Knowledge on the Biological and Fisheries Aspects of the Japanese Sardine, *Sardinops melanostictus* (Schlegel, 1846), *J. Mar. Sci. Eng.*, 2021, vol. 9, no. 12, pp. 1403. doi 10.3390/jmse9121403

Eschmeyer's catalog of fishes: genera, species, references, Fricke, R., Eschmeyer, W.N., and Van der Laan, R., eds, 2026. <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. Cited December 25, 2025.

Mishonov, A., *The Climate Data Guide: World Ocean Atlas 2013 (WOA13)*, 2016. <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/world-ocean-atlas-2013-woa13>. Cited December 25, 2025.

The NEAR-GOOS Real Time Data Base. <https://ds.data.jma.go.jp/gmd/goos/data/rttdb/jma-pro.html>. Cited January 15, 2026.

The North Pacific Fisheries Commission (NPFC). Annual reports, 2026. <https://www.npfc.int/annual-reports>. Cited January 15, 2026.

Поступила в редакцию 5.03.2026 г.

После доработки 27.04.2026 г.

Принята к публикации 15.06.2026 г.

The article was submitted 5.03.2026; approved after reviewing 27.04.2026;
accepted for publication 15.06.2026

Научная статья

УДК 574.587(265.54)

DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-331-347

EDN: SBDBGD



ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТИПЫ СООБЩЕСТВ МАКРОЗООБЕНТОСА ЗАЛИВА ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ: БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И НОМЕНКЛАТУРА

А.В. Мощенко*

Дальневосточный региональный научно-исследовательский
гидрометеорологический институт,
690091, г. Владивосток, ул. Фонтанная, 24

Аннотация. Применение процедуры классификации, основанной на теории нечетких множеств, позволило выделить 6 экологических типов сообществ донных животных, причем это разбиение оказалось значимым с позиций статистики. Тип ВВ объединяет биологически сбалансированные или почти сбалансированные группировки, тип РС — физически контролируемые. Между ними располагаются типы MD, D и HD, включающие агломерации с разной степенью дисбаланса: умеренно разбалансированные, разбалансированные и сильно разбалансированные. Кроме того, выявлены разрушенные или восстанавливающиеся группировки, объединяемые в тип De; предполагается, что такие ассоциации формируются после кратковременных экстремальных негативных воздействий природных и антропогенных факторов. В ряду ВВ–РС происходит довольно равномерное снижение роли экстремально чувствительных, чувствительных и умеренно толерантных и увеличение вклада экстремально устойчивых и устойчивых к загрязнению и эвтрофикации животных, а также рост доли эврибионтных представителей макрозообентоса. Изменения количественных характеристик в этом ряду также весьма закономерны и в целом отражают увеличение степени нарушения и ухудшение состояния донного населения. Подчеркивается необходимость более детального анализа условий существования всех выделенных экологических типов сообществ, а также возможность разработки метода для мониторинга состояния донного населения.

Ключевые слова: макрозообентос, экологическое состояние, загрязнение, эвтрофикация, донные отложения, физически контролируемые и биологически сбалансированные сообщества, залив Петра Великого

Для цитирования: Мощенко А.В. Экологические типы сообществ макрозообентоса залива Петра Великого Японского моря: биологические свойства и номенклатура // Изв. ТИНРО. — 2026. — Т. 206, вып. 2. — С. 331–347. DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-331-347. EDN: SBDBGD.

* Мощенко Александр Владимирович, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, atmoshchenko@mail.ru, ORCID 0000-0001-6600-5654.

Ecological types of macrozoobenthic communities in Peter the Great Bay of Japan Sea: biological properties and nomenclature

Alexander V. Moshchenko

Far-Eastern Regional Hydrometeorological Research Institute,
24, Fontannaya Str., Vladivostok, 690091, Russia

D.Biol., leading researcher, avmoshchenko@mail.ru, ORCID 0000-0001-6600-5654

Abstract. Six ecological types of macrozoobenthic communities are revealed in Peter the Great Bay by a procedure based on fuzzy set theory, with statistically significant differences between them. There are the type BB for biologically balanced or nearly balanced communities, the type PC for physically controlled ones, the intermediate between them types MD, D and HD with the moderately disbalanced, disbalanced, and strongly disbalanced communities, respectively, and the type De that presents destroyed or recovering communities presumably formed after short-term extreme negative impact of natural or anthropogenic factors. In the order from BB to PC types, the portion of animals extremely sensitive, sensitive and moderately tolerant to pollution and eutrophication is decreased and the contribution of extremely tolerant and tolerant animals is increased, as well as the portion of eurybiontic species. Quantitative indices of communities change correspondingly in this order that reflects, in general, increasing degree of disturbance and decreasing status of the bottom population. This approach can be applied for development of a new method for the benthos monitoring, though more detailed analysis of the environments for all identified ecological types of communities is necessary.

Keywords: macrozoobenthos, ecological condition, pollution, eutrophication, bottom sediments, physically controlled community, biologically balanced community, Peter the Great Bay

For citation: Moshchenko A.V. Ecological types of macrozoobenthic communities in Peter the Great Bay of Japan Sea: biological properties and nomenclature, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2026, vol. 206, no. 2, pp. 331–347. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-331-347. EDN: SBDBGD.

Введение

Сообщества бентоса могут быть «физически контролируемыми» и «биологически аккомодированными» (пригнанными, сбалансированными) [Несис, 1977]. Первые развиваются в условиях сильной изменчивости абиотических факторов, вторые — в биотопах с относительно стабильными условиями среды. О наличии общего лимитирующего фактора свидетельствует сильная положительная связь индивидуальных характеристик обилия видов с общими для сообщества показателями [Суханов и др., 1994]. Доля видов с такими связями является характеристикой силы этого внешнего воздействия — показателем экологического стресса (далее — ПЭС) [Мощенко, 2024а, б].

Анализ связей характеристик обилия, экологических индексов и факторов среды позволил определить зависимость ПЭС от средней суммарной объясняемой дисперсии биотических переменных (MEV как меры суммарного влияния косных факторов). Эта зависимость имеет S-образную форму, ее наибольшая кривизна приходится на 85,4 % MEV, а точка начала роста после достижения минимума (начало выхода модельной кривой на плато) — на 94 %, что соответствуют ПЭС в 15 и 36 %, причем изменения предиктора объясняют 93,9 % дисперсии предиката [Мощенко, 2024а, б]. Указанные уровни являются граничными критериями состояния сообществ макрозообентоса. При благоприятных условиях среды ПЭС не превышает 15 %, а сообщества донной фауны находятся в состоянии, близком к биологически сбалансированному. Величины ПЭС в диапазоне 15–36 % свидетельствуют об усилении влияния лимитирующих факторов, но это воздействие не является разрушающим. Значения ПЭС, превышающие 36 %, указывают на резкое изменение условий среды обитания и переход сообществ в иное — физически контролируемое — состояние.

Зависимость ПЭС от MEV можно рассматривать как диаграмму рассеяния, которая позволяет разделить найденные сообщества макрозообентоса на группы. Выделение таких групп даст возможность определить их основные черты, вычленив императивные факторы, обуславливающие их дифференциацию, что в конечном итоге позволит выявить причины пространственно-временной изменчивости ассоциаций донной макрофауны на искомой акватории.

Цель настоящего исследования — классификация и номенклатура сообществ макрозообентоса зал. Петра Великого по их экологическому состоянию и описание биотических свойств этих агломераций.

Материалы и методы

Используемые данные. В работе использованы результаты комплексных экологических съемок ДВНИГМИ и ННЦМБ ДВО РАН (1992–2019 гг.) в зал. Петра Великого (заливы Посыета, Стрелок, Угловой, Амурский и Уссурийский, акватория к северу от устья р. Туманной, прол. Босфор Восточный, бухты Рифовая, Патрокл, Золотой Рог, Диомид и Улисс) (рис. 1). Методы сбора и камеральной обработки опубликованы ранее [Мощенко и др., 2019, 2021a]. На основе полученных данных были выделены 34 сообщества макрозообентоса, характеристики 26 из которых и послужили материалом для анализа (табл. 1) [Moshchenko, Belan, 2005; Мощенко и др., 2018, 2021b, 2023; Мощенко, 2023].

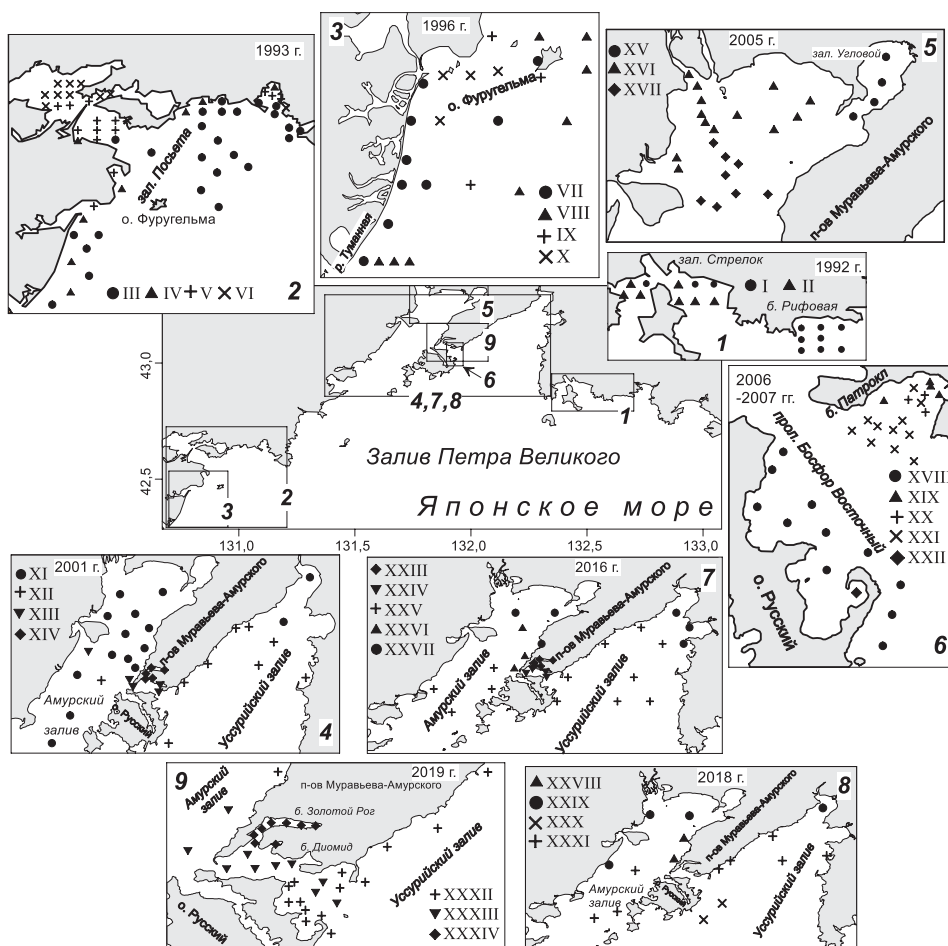


Рис. 1. Районы работ на акватории зал. Петра Великого в разные годы: арабские цифры — полигоны, римские цифры — сообщества (табл. 1)

Fig. 1. Scheme of surveys in Peter the Great Bay, by years: Arabic numerals — monitored polygons, Roman numerals — benthic communities explained in Table 1

Таблица 1

Сообщества макрозообентоса, найденные на акватории зал. Петра Великого
[по: Мощенко, 2023; Мощенко и др., 2023], результаты их нечеткой классификации
и степень принадлежности к выделенным кластерам (экспоненциальный вес — 1,3)

Table 1

Communities of macrozoobenthos in Peter the Great Bay
[by Moshchenko, 2023; Moshchenko et al., 2023] and results of their fuzzy classification
with evaluation of their belonging to certain clusters revealed (exponential weight — 1.3)

Год	Сообщество	Кластер					
		1	2	3	4	5	6
1992	I. <i>Scoletoma</i> spp. + <i>Ophiura sarsii</i>	0,977	0,012	0,008	0,002	0,000	0,000
	II. <i>Aphelochaeta pacifica</i>	0,000	0,003	0,059	0,937	0,001	0,000
1993	III. <i>Ophiura sarsii</i> + <i>Amphipholis fissa</i>	0,888	0,066	0,025	0,014	0,004	0,002
	IV. <i>Scoletoma</i> spp. + <i>Macrura chinensis</i>	0,857	0,046	0,082	0,014	0,001	0,000
	V. <i>Scoletoma</i> spp. + <i>Maldane sarsi</i>	0,969	0,027	0,003	0,001	0,000	0,000
	VI. <i>Acila insignis</i>	0,000	0,000	0,002	0,997	0,000	0,000
1996	VII. <i>Scoletoma</i> spp. + <i>Echinocardium cordatum</i>	0,000	0,004	0,994	0,002	0,000	0,000
	VIII. <i>Ampelisca macrocephala</i>	0,000	0,003	0,996	0,001	0,000	0,000
	IX. <i>Spiophanes</i> sp. + <i>Echinocardium cordatum</i>	—	—	—	—	—	—
	X. <i>Dipolydora cardalia</i> + <i>Maldane sarsi</i> + <i>Ophiura sarsii</i>	—	—	—	—	—	—
2001	XI. <i>Scoletoma</i> spp. + <i>Sigambra bassi</i>	0,001	0,992	0,007	0,000	0,000	0,000
	XII. <i>Scoletoma</i> spp. + <i>Ophiura sarsii</i>	0,000	0,002	0,994	0,004	0,000	0,000
	XIII. <i>Philine argentata</i> + <i>Macoma</i> sp.	0,000	0,000	0,000	0,000	0,995	0,004
	XIV. <i>Aphelochaeta pacifica</i> + <i>C. capitata</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
2005	XV. <i>Crassikorophium crassicorne</i>	—	—	—	—	—	—
	XVI. <i>Scoletoma</i> spp.	0,003	0,812	0,177	0,007	0,000	0,000
	XVII. <i>Aphelochaeta pacifica</i> + <i>Phoronopsis harmeri</i>	0,000	0,001	0,005	0,991	0,003	0,000
2007	XVIII. <i>Dipolydora cardalia</i>	0,000	0,002	0,049	0,948	0,000	0,000
2006	XIX. <i>Acila insignis</i> + <i>Scalibregma inflatum</i>	—	—	—	—	—	—
	XX. <i>Ennucula tenuis</i> + <i>Nicolea</i> sp.	—	—	—	—	—	—
	XXI. <i>Scoloplos armiger</i> + <i>Ophiura sarsii</i>	0,005	0,976	0,017	0,002	0,000	0,000
	XXII. <i>Protocallithaca adamsi</i>	—	—	—	—	—	—
2016	XXIII. <i>Aphelochaeta pacifica</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,999
	XXIV. <i>Ophiura sarsii</i> + <i>Macoma scarlatoi</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000
	XXV. <i>Ophiura sarsii</i> + <i>Scoletoma</i> spp.	0,987	0,011	0,002	0,000	0,000	0,000
	XXVI. <i>Phoronopsis harmeri</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000
	XXVII. <i>Maldane sarsi</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,998
	XXVIII. <i>Aphelochaeta pacifica</i> + <i>Dipolydora cardalia</i>	—	—	—	—	—	—
2018	XXIX. <i>Scoletoma</i> spp.	0,000	0,000	0,000	0,002	0,997	0,001
	XXX. <i>Praxillella gracilis</i> + <i>Pelonaia corrugata</i>	—	—	—	—	—	—
	XXXI. <i>Ophiura sarsii</i> + <i>Acila insignis</i>	0,017	0,958	0,023	0,002	0,000	0,000
	XXXII. <i>Scoletoma</i> spp. + <i>Ophiura sarsii</i>	0,002	0,994	0,004	0,001	0,000	0,000
2019	XXXIII. <i>Scoletoma</i> spp. + <i>Macoma scarlatoi</i>	0,000	0,001	0,996	0,003	0,000	0,000
	XXXIV. <i>Aphelochaeta pacifica</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000

Примечание. Прочерк — нерасклассифицированные сообщества; жирным шрифтом выделена сила притяжения к основным кластерам; жирным курсивом — к дополнительным (> 0,05).

Анализ данных. Для количественного описания бентоса использовали биомассу и плотность поселения (B , г/м² и A , экз./м²). Кроме того, вычисляли индексы видового богатства Маргалефа (R в наиболее простом его виде — как число таксонов в пробе, и SR как отношение R к сумме квадратов долей видов от общей плотности, усл. ед.), доминирования Симпсона, выравненности Пielу и разнообразия Шеннона-Винера

(S_i , e , усл. ед. и H' , бит/экз.)*. Для характеристики размерного состава применяли W -статистику Кларка (усл. ед.). Вербальные оценки перечисленных показателей даны по А.В. Мощенко [2023].

Экологическое состояние бентоса описывали адаптированными и скорректированными для зал. Петра Великого индексами $AMBI$ и $M-AMBI$, а также индексом TPF_{bio} (все — усл. ед.) [Borja et al., 2004, 2012; Muxika et al., 2007; Мощенко и др., 2022а, б; Анализ распределения..., 2025**]. При определении ПЭС выбирали вариант с максимальной долей таксонов, коэффициенты корреляции плотностей и биомасс которых с их суммарными для станций (проб) значениями составляли 0,7 и более (при округлении) [Мощенко, 2024а, б]. MEV вычисляли усреднением индивидуальных суммарных дисперсий перечисленных выше показателей обилия и экологических индексов, объясненных изменениями стандартного набора факторов среды. В работе использованы классификации животных по отношению к загрязнению и эвтрофикации, опубликованные ранее [Мощенко и др., 2022а; Анализ распределения..., 2025**].

Статистический анализ. При статистической обработке применяли стандартные процедуры и тесты ППП STATISTICA и среды R [Боровиков, Боровиков, 1998; Кабаков, 2014; R Core Team, 2025***], включая тест Крускала-Уоллиса — непараметрический аналог ANOVA для независимых переменных (нулевая гипотеза H_0 — влияние фактора не приводит к относительному сдвигу распределений, далее — K-W тест) и классификационные построения. При классификации — процедуру, основанную на теории нечетких множеств (далее НМ; метрика — евклидово расстояние) [Шитиков, Розенберг, 2013; Шипунов и др., 2014]. Предварительно для определения приблизительного количества групп действовали различные варианты кластерного анализа [Факторный..., 1989]. Статистическую значимость разбиения на группы оценивали пермутационным тестом ANOSIM с вычислением глобальной статистики R (H_0 — агломерация отсутствует)*.

Результаты и их обсуждение

Классификация сообществ макрозообентоса. Процедура НМ позволяет выделить 6 групп сообществ донных животных, локализованных в следующих районах исследованной акватории (рис. 1, 2, табл. 1, 2).

1. Бухта Рифовая, открытая мористая, прибрежная мористая и полуоткрытая части зал. Посьета, а также открытые участки Амурского и Уссурийского заливов (сообщества I, III–V и XXV).

2. Амурский и северная часть Уссурийского залива, северная и северо-западные области кута Амурского залива, центральная и устьевая части бухты Патрокл, открытые районы Амурского и Уссурийского заливов, восточная прибрежная части Амурского залива и западная — прол. Босфор Восточный (XI, XVI, XXI, XXXI и XXXII).

3. Акватория к северу от устья р. Туманной, Уссурийский и Амурский заливы, восточная часть прол. Босфор Восточный и восточная прибрежная части Амурского залива (VII, VIII, XII и XXXIII).

4. Внутренняя часть зал. Стрелок, кутовые части бухт и самая закрытая область зал. Посьета, центральная и южная части кута Амурского залива и побережье о. Русского (II, VI, XVII и XVIII).

* Statistical analysis and interpretation of marine community data: reference methods for marine pollution studies. Nairobi: UNEP, 1995. № 64. 75 p.

** Анализ распределения донных животных вдоль градиента эвтрофикации и коррекция морских биотических индексов ($AMBI$ и $M-AMBI$) на основе текущих и исторических данных гидробиологического мониторинга: отчет о НИР (промежут.) / ДВНИГМИ. № ГР АААА-А20-120042190045-6. Владивосток, 2025. 142 с. https://ferhri.ru/images/stories/ FERHRI/NIR/Otchet/otchet_4.6.6_2025_moschenko.pdf.

*** R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025. <https://www.R-project.org/>.

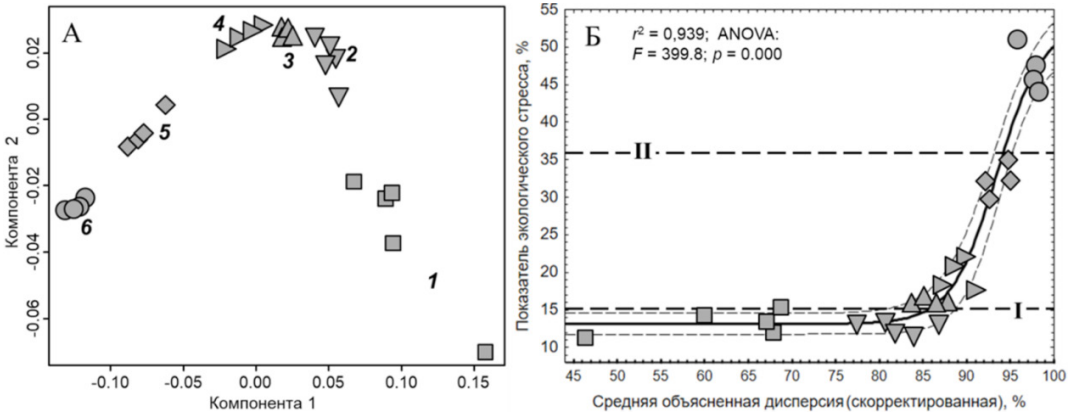


Рис. 2. Нечеткая классификация сообществ макрозообентоса (А) и положение групп сообществ на графике зависимости ПЭС от MEV (Б, по: Мощенко, 2024б: r — коэффициент корреляции, F — расчетная величина критерия Фишера, p — вероятность справедливости H_0 об отсутствии эффекта). Компоненты объясняют 76,3 % дисперсии точек; ANOSIM: глобальная статистика $R = 0,878$, $p = 0,001$ (частные значения R — см. табл. 2)

Fig. 2. Fuzzy classification of macrozoobenthic communities (A) and their position on the scattering diagram with coordinates of the mean explained variance of biotic variables (MEV) and ecological stress index (ПЭС), where r — correlation coefficient, F — calculated value of Fischer criterion, p — probability of null hypothesis [Moshchenko, 2024] (Б). Two components of fuzzy classification explain 76.3 % of variance. ANOSIM global statistics: $R = 0.878$, $p = 0.001$ (see the partial R values in Table 2)

Таблица 2

Результаты процедуры ANOSIM

Table 2

Results of ANOSIM procedure

Сравниваемые типы сообществ	Статистика R	Вероятность справедливости H_0	Действительное число перестановок
1–2	0,660	0,008	126
1–3	0,606	0,016	
1–4	0,875	0,008	
1–5	1,000	0,008	
1–6	1,000	0,008	
2–3	0,756	0,016	
2–4	0,994	0,008	
2–5	1,000	0,008	
2–6	1,000	0,008	35
3–4	0,771	0,029	
3–5	1,000	0,029	
3–6	1,000	0,029	
4–5	1,000	0,029	35
4–6	1,000	0,029	
5–6	1,000	0,029	

5. Пролит Босфор Восточный, бухта Улисс и восточная прибрежная части Амурского залива, побережье п-ова Эгершельда и центральная и северная части Амурского залива, внутренние области Амурского и Уссурийского заливов (XIII, XXIV, XXVI и XXIX).

6. Бухты Золотой Рог и Диомид, а также внутренние акватории Амурского и Уссурийского заливов (XIV, XXIII, XXVII и XXXIV).

Величины *ПЭС* и *MEV* у первой группы сообществ низки (соответственно < 16 и 70 %, табл. 3). У второй — *ПЭС* даже слегка ниже, а *MEV* заметно выше (< 14 и 77–87 %). Далее, на фоне роста *MEV*, продолжается и увеличение *ПЭС*, причем в ряду от второй к четвертой агломерации этот рост происходит постепенно, а от четвертой к пятой и от пятой к шестой инкременты *ПЭС* возрастают в разы и становятся саккадическими. Естественно, все эти изменения значимы с позиций статистики (результаты К-В теста: вероятность справедливости $H_0 p = 0,000$).

Таблица 3

Статистические характеристики *MEV* и *ПЭС* у выделенных групп сообществ макрозообентоса, %

Table 3

Statistical parameters for the ecological stress index (*ПЭС*) and mean explained variance of biotic variables (*MEV*), by groups of macrozoobenthic communities, %

Группа	<i>MEV</i>				<i>ПЭС</i>			
	<i>m</i>	<i>SE</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>m</i>	<i>SE</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
1	62,0	4,7	46,4	68,4	13,2	0,9	11,0	15,6
2	81,9	1,7	77,1	86,0	12,9	0,5	11,5	13,8
3	85,9	1,0	83,6	88,2	15,8	0,3	15,1	16,4
4	88,7	0,9	86,7	90,7	19,7	1,0	17,8	22,0
5	93,6	0,8	92,0	95,2	32,4	1,7	27,8	35,0
6	97,2	0,6	95,5	97,9	47,2	1,1	45,0	50,0

Примечание. *m*, *Min*, *Max* — среднее, минимальное и максимальное значения; *SE* — ошибка репрезентативности.

В выделенные группы вошли сообщества, локализованные на самых разных участках района работ. Однако с увеличением *MEV* в их составе начинают преобладать агломерации из областей, расположенных все ближе и ближе к Владивостоку — основному источнику загрязнения зал. Петра Великого (в пятую и шестую ассоциации входят группировки только этого района). Необходимо подчеркнуть, что агломерации, приуроченные примерно к одним и тем же участкам, но исследованные в разные годы, часто попадают в разные группы и, кроме того, не всегда имеют одни и те же титульные виды. Примерами этому могут служить сообщества прол. Босфор Восточный, внутренних частей Амурского и Уссурийского заливов и сопредельных акваторий (см. табл. 1, рис. 1).

Состав и структура выделенных групп сообществ. В первой группе преобладают умеренно толерантные, чувствительные и экстремально чувствительные к загрязнению гидробионты, в шестой — экстремально устойчивые и устойчивые животные; по сути, это оппортунисты первого и второго порядка (рис. 3). Такой состав этих агломераций характерен как для всего набора таксонов, так и для систематических единиц, вносящих наибольший вклад в их внутригрупповое сходство (далее — значимые, весомые или ценные таксоны). Среди последних экстремально толерантные и толерантные представители бентоса доминируют еще и в четвертой и пятой группах, причем здесь по большей части это оппортунисты второго порядка (в шестой — первого). В ряду от первой к шестой группе происходит довольно равномерное снижение роли экстремально чувствительных, чувствительных и умеренно толерантных и увеличение значения устойчивых и экстремально устойчивых животных. Исключение — сообщества второй агломерации, где отмечен рост вкладов экстремально толерантных и, особенно, толерантных организмов; в большей степени эти изменения выражены у значимых таксонов.

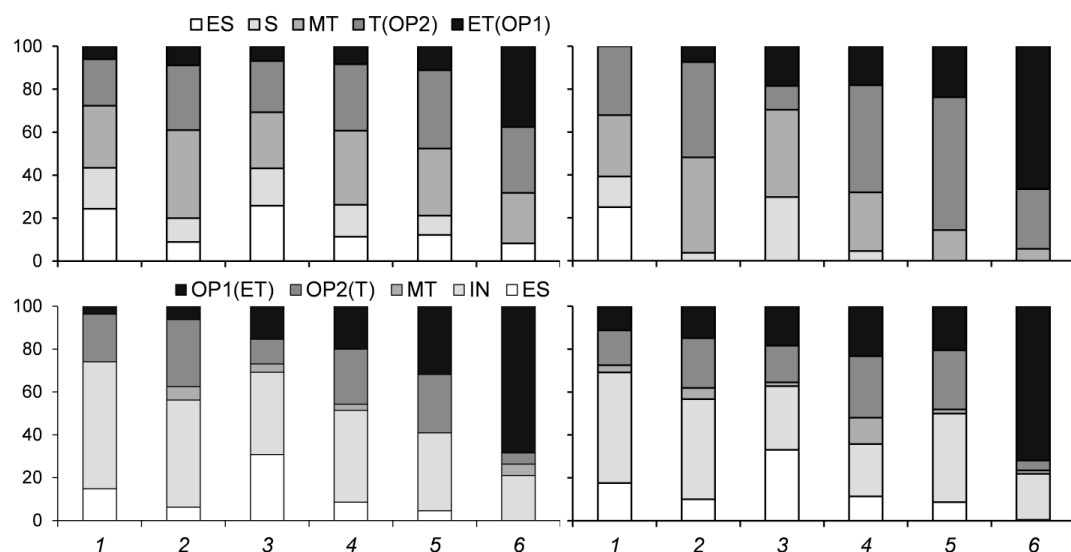


Рис. 3. Состав выделенных групп сообществ (1–6) по отношению к загрязнению и содержанию $C_{\text{орг}}$ (соответственно верхний и нижний ряды). Слева — все таксоны; справа — значимые таксоны: *ET*, *T*, *MT* и *IN* — экстремально толерантные, толерантные, умеренно толерантные и индифферентные; *S* и *ES* — чувствительные и экстремально чувствительные; *OP1* и *OP2* — оппортунисты первого и второго порядка

Fig. 3. Composition in the groups of macrozoobenthic communities (1–6) by species tolerance to pollution and TOC content (upper and lower row, respectively). Left panel — all taxa; right panel — the taxa of high significance; *ET*, *T*, *MT*, and *IN* — extremely tolerant, tolerant, moderately tolerant, and indifferent species; *S* and *ES* — sensitive and extremely sensitive species; *OP1* and *OP2* — opportunistic species of the first and second order

Подобные вариации наблюдаются в составе выделенных ассоциаций сообществ и по отношению к эвтрофикации. В сумме экстремально чувствительные, индифферентные и умеренно толерантные животные преобладают в первой-четвертой группах, а вклад оппортунистов первого и второго порядка (а также толерантных и экстремально толерантных представителей макрозообентоса) становится существенным у пятой и шестой группировок, возрастая соответственно до 60–70 % (рис. 3). В пятой группе доли оппортунистов разных порядков примерно равны, а в шестой — вклад оппортунистов первого порядка в десятки раз выше, чем второго. Нарастание роли оппортунистов от первой к шестой агломерации у весомых таксонов адекватно таковому для всех систематических единиц. Как и по отношению к загрязнению, из общего ряда несколько выпадают сообщества второй группы, у которых вклад оппортунистов обоих порядков в сумме больше, чем у третьей и, естественно, первой групп сообществ.

В этом же ряду наблюдается и изменение состава сообществ по бионтичности образующих их животных (рис. 4). По отношению к загрязнению во всех группах преобладают эврибионтные представители макрозообентоса, а от первой к шестой агломерации сообществ происходит увеличение вклада таких организмов, более равномерное у всех таксонов и менее — у ценных, причем их доля в составе последних заметно выше. Подобное нарастание роли эврибионтов отмечено и в отношении содержания $C_{\text{орг}}$, но их доля здесь существенно ниже, чем в отношении загрязнения, а у значимых таксонов ниже, чем у всех, хотя в последнем случае увеличение их вклада выглядит более равномерным. Стоит подчеркнуть, что роль эврибионтов в отношении загрязнения у весомых таксонов во второй группе выше, чем у соседних ассоциаций, а максимум отмечен у пятой агломерации. По отношению к содержанию $C_{\text{орг}}$ подобных вариаций у второй группы не наблюдается; весьма заметен лишь резкий рост вклада стено-эврибионтов (все таксоны).

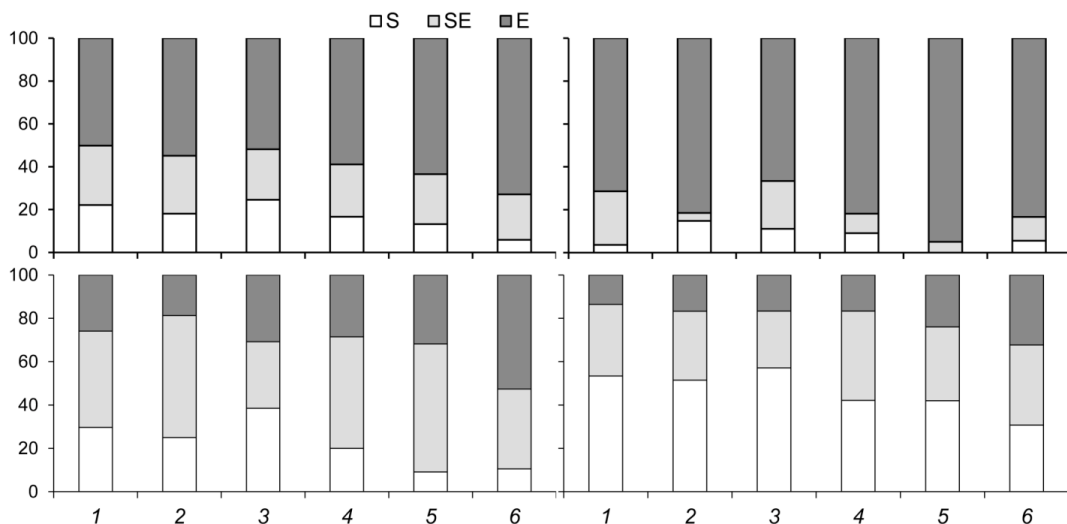


Рис. 4. Состав выделенных групп сообществ (1–6) по бионтичности таксонов по отношению к загрязнению и содержанию C_{org} (соответственно **верхний** и **нижний** ряды). Слева — все таксоны; справа — значимые таксоны: S, E и SE — соответственно стено-, эври- и стено-эврибионты

Fig. 4. Composition in the groups of macrozoobenthos communities (1–6) by species biontity to pollution and TOC content (upper and lower row, respectively). **Left panel** — all taxa; **right panel** — the taxa of high significance; S, E, and SE are stenobiontic, eurybiontic, and steno-eurybiontic species, respectively

Все численные показатели выделенных групп сообществ, как и их состав, заметно варьируют в ряду от первой к шестой агломерации, причем эти изменения статистически значимы (кроме плотности; результаты К-В теста: вероятность справедливости $H_0 p = 0,000$ и $0,183$) (рис. 5, 6). Помимо того, в изменениях большинства параметров прослеживаются четкие закономерности. Индексы Маргалефа отчетливо увеличиваются от первой к третьей группе, при этом набор таксонов изменяется от умеренно богатого к богатому и очень богатому. Далее эти показатели не менее резко падают, достигая минимума у группировок шестой ассоциации, фауна которых является умеренно богатой или бедной (соответственно по R и SR). Изменение индекса Шеннона-Винера в ряду от первой к шестой агломерации также немонотонно: на фоне общего снижения промежуточный минимум H' наблюдается у сообществ второй группы, хотя с позиции теории информации все группировки первой-четвертой ассоциаций являются разнообразными. Сходным образом ведет себя и $M-AMBI$. Агломерации первой группы имеют в среднем самый высокий экологический статус, затем он несколько уменьшается во второй ассоциации, вновь увеличивается у третьей, а затем падает до минимума у шестой.

Схожи с ними и тенденции изменения индекса Пиелу и W -статистики (рис. 5, 6). Они максимальны у сообществ первой группы (умеренно выравненные ранговые распределения и выраженное доминирование относительно крупных животных) и снижаются при переходе ко второй группе, что особенно заметно у статистики Кларка (умеренно выравненные распределения и слабое доминирование относительно крупных животных). Затем W заметно возрастает, достигая промежуточного максимума у ассоциаций четвертой группы (выраженное доминирование относительно крупных животных), и вновь падает до минимума у сообществ пятой и шестой ассоциаций (слабое доминирование), где ее средние величины близки к таковым у агломераций второй группы. У индекса Пиелу первое падение затягивается до третьей ассоциации, далее его изменения следуют паттерну W -статистики с промежуточным максимумом у четвертой группы, причем у всех выделенных группировок сохраняется умеренно выравненное распределение таксонов по рангам.

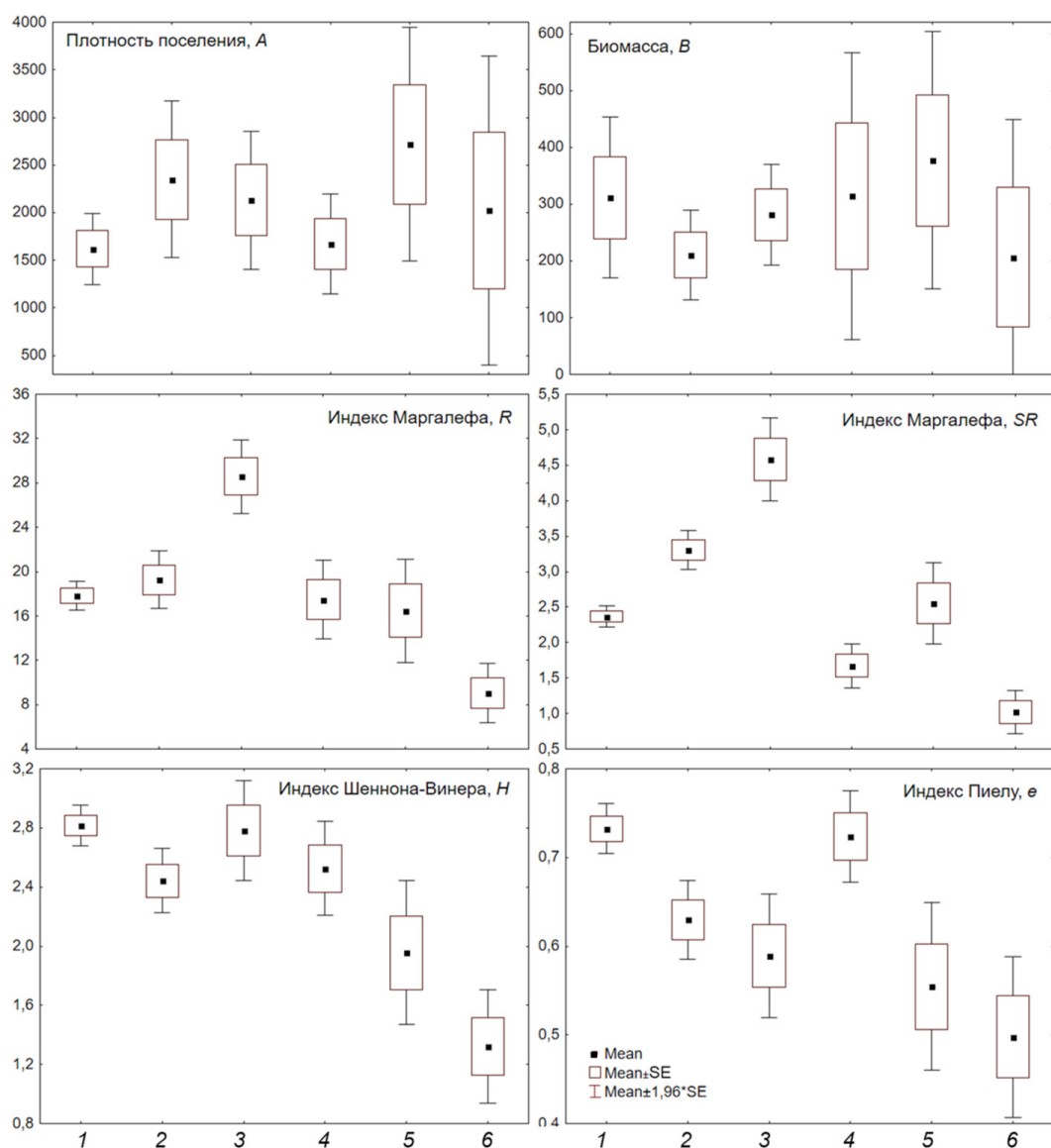


Рис. 5. Вариации некоторых биотических параметров (плотность поселения и др.) у выделенных групп сообществ макрозообентоса: *Mean* — среднее значение; *SE* — ошибка репрезентативности

Fig. 5. Variations of some biotic indices in the groups of macrozoobenthic communities (1–6): *Mean* — mean value; *SE* — standard error

Иные тенденции отмечены у индексов Симпсона, $AMBI$ и TPF_{bio} , которые увеличиваются в рассматриваемом ряду ассоциаций сообществ (рис. 6). Следовательно, наблюдается рост доминирования небольшого числа видов и степени нарушения донного населения (снижение качества биотопов в отношении эвтрофикации и загрязнения). Исключением, как и у всех остальных биотических параметров, является вторая группа, у которой величины этих трех индексов заметно выше, чем у соседних с ней агломераций.

Важнейшими (императивными) факторами среды, обуславливающими развитие сообществ рыхлых грунтов на прибрежных акваториях открытой части зал. Петра Великого, являются характеристики донных отложений (степень заиления, средний размер зерен) и глубина как интегральный гидрологический параметр [Мощенко и

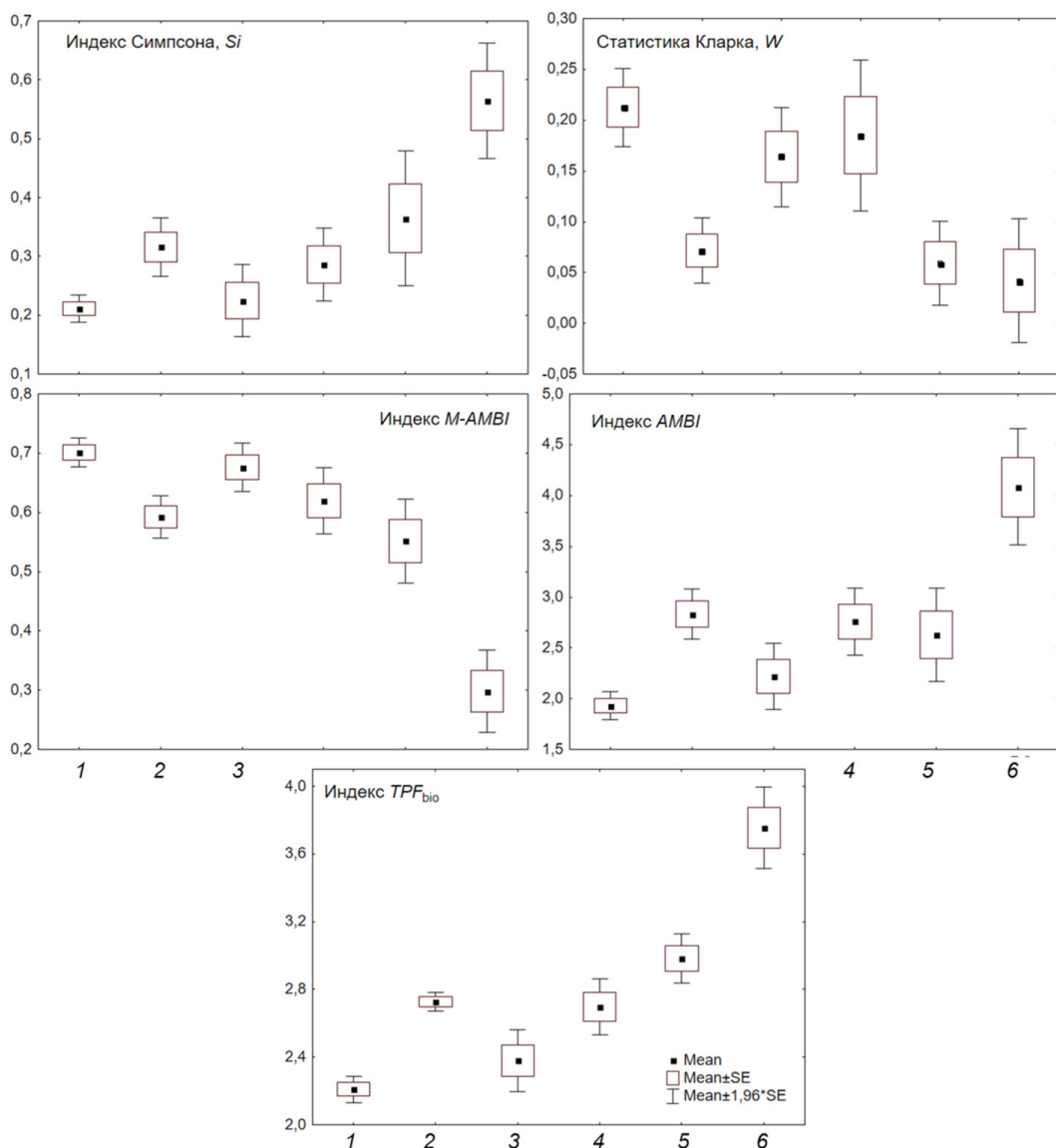


Рис. 6. Вариации некоторых биотических параметров (индекс Симпсона и др.) у выделенных групп сообществ макрозообентоса: *Mean* — среднее значение; *SE* — ошибка репрезентативности

Fig. 6. Variations of some biotic indices in the groups of macrozoobenthic communities (1–6): *Mean* — mean value; *SE* — standard error

др., 2023]. Таковые для группировок прибрежных акваторий Владивостока — это уровень химического загрязнения, эвтрофикации и особенности придонного гидрологического режима, который во многом определяется интенсивностью терригенного стока [Мощенко, 2023]. Выделенные группы сообществ имеют явно экологическую природу, о чем свидетельствуют закономерные изменения индексов *AMBI* и *M-AMBI*, характеризующих степень нарушения и состояние (статус) донного населения, а также биоиндикационный показатель уровня загрязнения TPF_{bio} , да и остальных исследованных биотических параметров, отражающих разнообразие и степень доминирования.

Очевидно, учитывая величины *ПЭС* и *MEV* и опираясь на используемую терминологию [Несис, 1977; Salen-Picard, 1983], первая группа должна объединять биологически сбалансированные или почти сбалансированные сообщества, шестая — физически

контролируемые — ВВ и РС (biologically balanced и physically controlled; далее — экологические типы сообществ). Третья, четвертая и пятая группы включают агломерации с разной степенью дисбаланса — умеренно разбалансированные, разбалансированные и сильно разбалансированные (medium disbalanced, disbalanced и heavily disbalanced — MD, D и HD).

Вторая группа выпадает из общего ряда ВВ→РС как по качественным, так и количественным характеристикам. Во-первых, по сравнению с соседними типами ВВ и MD это большие вклады организмов, толерантных и экстремально толерантных к загрязнению и эвтрофикации, а также доли более эврибионтных животных. Во-вторых, это резкое снижение вклада относительно крупных животных (*W*-статистика, отражает в целом соотношение *r* и *K*-стратегов), сопоставимое с наименее экологически благополучными типами HD и РС, сообщества которых нарушены в наибольшей степени в отношении загрязнения и эвтрофикации (максимум *AMBI* и *TPF_{bio}* и минимум *M-AMBI*). В то же время *ПЭС* этой агломерации практически такой же, как у группы ВВ, тогда как влияние внешних факторов (*MEV*) выражено гораздо сильнее.

Поэтому, учитывая качественный и количественный состав, второй экологический тип, скорее всего, представлен разрушенными (De — destroyed) или восстанавливающимися после разрушения сообществами. Причин разрушения донного населения может быть множество, но наиболее вероятным является вымирание животных в результате падения содержания растворенного кислорода в придонном слое воды ниже критического уровня (< 2 мл/л — пороговая концентрация гипоксии [Diaz, Rosenberg, 2008]). Такие события происходят здесь регулярно, либо из-за наличия ярко выраженного сезонного термоклина и отсутствия вертикального перемешивания, либо вследствие микробиологического окисления избыточной биомассы микроводорослей в условиях слабой динамики вод и низкой интенсивности фотосинтетически активной радиации [Будаева и др., 2010, 2018; Севастьянов и др., 2012; Tishchenko et al., 2016].

Следует отметить, что сообщества этого типа зафиксированы исключительно в областях относительно высокого загрязнения, причем его уровень здесь наиболее изменчив во времени, по сравнению с остальными прибрежными акваториями Владивостока, а статус донного населения (величина индекса *M-AMBI*) определяется главным образом именно этим фактором [Мощенко и др., 2019, 2020, 2021в; Анализ распределения..., 2025*]. Так или иначе, требуется более детальный анализ условий существования всех экологических типов сообществ, но уже сейчас очевидно, что на основе выявленных закономерностей можно разработать метод для мониторинга состояния донного населения. При этом, в отличие от простого выделения критических уровней на основе кривой зависимости *ПЭС* от *MEV*, такой метод, учитывая наличие среди сообществ макрозообентоса разрушенных группировок, позволит тщательнее анализировать качество морской среды и степень повреждения донного населения.

Заселение биотопов, освободившихся после «замора», очевидно, происходит теми животными, личинки которых в этот период могут находиться в планктоне и будут готовы к оседанию. Виды-оппортунисты, такие как многощетинковые черви *Aphelochaeta pacifica*, *Dipolydora cardalia*, *Schistomeringos japonica*, на этих акваториях являются если не доминантами, то субдоминантами [Мощенко, 2023]. Они дают в течение года несколько генераций и, следовательно, появление этих полихет, причем в большом количестве, должно приводить к снижению *W*-статистики, т.е. увеличению роли относительно мелких животных, что отчетливо проявляется у группировок De. В дальнейшем при сохранении благоприятных условий сообщества восстанавливаются, а учитывая высокую *MEV*, и «выстраиваются» в той или иной степени вдоль градиентов факторов среды, что вызывает рост *ПЭС*.

* Анализ распределения донных животных вдоль градиента эвтрофикации..., 2025. https://ferhri.ru/images/stories/ FERHRI/NIR/Otchety/otchet_4.6.6_2025_moschenko.pdf.

Так, в прол. Босфор Восточный после разрушения, случившегося по всем признакам в конце лета 2000 г., появляется змеехвостка *Ophiura sarsii* и обогащается фауна полихет, например за счет *Scoloplos armiger*. В целом происходит снижение вкладов *r*-стратегов и усиление роли *K*-стратегов главным образом за счет двустворчатых моллюсков (сообщества XIII, XVIII, XIX, XXIV) [Мощенко и др., 2018; Мощенко, 2023]. Доминирование среди последних *Ennucula tenuis* в 2006 г. и *Macoma scarlatoi* в 2001, 2016 и 2019 гг. представляется результатом случайных процессов или волн жизни, а также бионтности этих животных и заметной устойчивости к загрязнению и эвтрофикации. Первый вид является эврибионтом, толерантным к загрязнению и содержанию $C_{\text{орг}}$, второй — стено-эврибионтом, экстремально толерантным и к контаминации, и к увеличению концентраций органики [Мощенко и др., 2022а; Анализ распределения..., 2025*].

Заключение

Итак, выделены 6 экологических типов сообществ макрозообентоса. Тип ВВ объединяет биологически сбалансированные или почти сбалансированные группировки, тип РС — физически контролируемые. Между ними располагаются типы MD, D и HD, включающие агломерации с разной степенью дисбаланса — умеренно разбалансированные, разбалансированные и сильно разбалансированные. Кроме того, существуют разрушенные или восстанавливающиеся после разрушения группировки (тип De). В ряду ВВ–РС происходит довольно равномерное снижение роли экстремально чувствительных, чувствительных и умеренно толерантных и увеличение вклада устойчивых и экстремально устойчивых к загрязнению и эвтрофикации животных, а также рост доли эврибионтных представителей макрозообентоса. Изменения количественных характеристик в этом ряду также весьма закономерны и в целом отражают увеличение степени нарушения и снижение статуса донного населения. Предполагается, что ассоциации De формируются после кратковременных экстремальных негативных воздействий природных и антропогенных факторов, например, в результате падения содержания растворенного O_2 в придонном слое воды ниже критического уровня. Заселение освободившихся биотопов происходит в первую очередь видами-оппортунистами, что ведет к резкому увеличению вкладов *r*-стратегов и, соответственно, снижению значений *W*-статистики Кларка. Так или иначе, требуется более детальный анализ условий существования всех экологических типов сообществ, но уже сейчас очевидно, что на основе выявленных закономерностей можно разработать метод для мониторинга состояния донного населения.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Автор благодарен рецензентам за ценные замечания, которые были учтены при подготовке настоящей рукописи к печати.

The author is grateful to anonymous reviewers for their valuable comments taken into account when preparing the manuscript for publication.

Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The study had no sponsor funding.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

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

* Анализ распределения донных животных вдоль градиента эвтрофикации..., 2025. https://ferhri.ru/images/stories/ FERHRI/NIR/Otchety/otchet_4.6.6_2025_moschenko.pdf.

Автор заявляет, что у него нет конфликта интересов.

All applicable international, national and/or institutional principles for the care and use of animals have been observed.

The author states that he has no conflict of interest.

Список литературы

Боровиков В.П., Боровиков И.П. STATISTICA® — Статистический анализ и обработка данных в среде Windows® : моногр. — М. : Инф.-издат. дом «Филинь», 1998. — 608 с.

Будаева В.Д., Зуенко Ю.И., Макаров В.Г. Структура и динамика вод залива Петра Великого в условиях сильного летнего распреснения (2008–2009 гг.) // Юбилейный выпуск ДВНИГМИ — 60 лет. — Владивосток : Дальнаука, 2010. — С. 158–172. EDN: NENODR.

Будаева В.Д., Макаров В.Г., Мезенцева Л.И., Любицкий Ю.В. О весеннем режиме вод в заливе Петра Великого (Японское море) и его изменчивости в текущем десятилетии (2010–2016 гг.) // Вестн. ДВО РАН. — 2018. — № 1. — С. 10–24. EDN: YOTIUH.

Кабаков Р.И. R в действии. Анализ и визуализация данных в программе R : пер. с англ. П.А. Волковой : моногр. — М. : ДМК Пресс, 2014. — 588 с.

Мощенко А.В. О критических уровнях экологического состояния сообществ макрозообентоса залива Петра Великого Японского моря: натурные исследования // Изв. ТИНРО. — 2024а. — Т. 204, вып. 1. — С. 206–222. DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-206-222. EDN: YLGVGF.

Мощенко А.В. О критических уровнях экологического состояния сообществ макрозообентоса залива Петра Великого Японского моря: модельные исследования // Изв. ТИНРО. — 2024б. — Т. 204, вып. 2. — С. 383–398. DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-383-398. EDN: HZUVAC.

Мощенко А.В. Сообщества макрозообентоса рыхлых грунтов прибрежных акваторий залива Петра Великого близ Владивостока (Японское море) и их экологическое состояние // Изв. ТИНРО. — 2023. — Т. 203, вып. 3. — С. 618–638. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-618-638. EDN: EJVBOB.

Мощенко А.В., Белан Т.А., Борисов Б.М. и др. Адаптация метода оценки качества морской среды по данным биологического анализа на основе индексов АМБИ и М-АМБИ для залива Петра Великого Японского моря // Тр. ДВНИГМИ. — 2021а. — Вып. 156. — С. 142–181. EDN: GOIQMP.

Мощенко А.В., Белан Т.А., Борисов Б.М. и др. К методике выделения сообществ макрозообентоса: простой алгоритм для практики экологического мониторинга // Тр. ДВНИГМИ. — 2021б. — Вып. 156. — С. 111–141. EDN: DYENHJ.

Мощенко А.В., Белан Т.А., Лишавская Т.С. и др. Основные тенденции временного хода концентраций приоритетных поллютантов в осадках прибрежных акваторий Владивостока (залив Петра Великого Японского моря) // Изв. ТИНРО. — 2021в. — Т. 201, вып. 2. — С. 440–457. DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-440-457. EDN: CCWUZE.

Мощенко А.В., Белан Т.А., Борисов Б.М. и др. Современное загрязнение донных отложений и экологическое состояние макрозообентоса в прибрежной зоне Владивостока (залив Петра Великого Японского моря) // Изв. ТИНРО. — 2019. — Т. 196. — С. 155–181. DOI: 10.26428/1606-9919-2019-196-155-181. EDN: HOMKQN.

Мощенко А.В., Белан Т.А., Борисов Б.М. Метод оценки химического загрязнения донных осадков с использованием биоиндикации // Изв. ТИНРО. — 2022а. — Т. 202, вып. 4. — С. 861–879. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-861-879. EDN: MDYYND.

Мощенко А.В., Белан Т.А., Борисов Б.М. Распределение и классификация макрозообентоса залива Петра Великого Японского моря по отношению к загрязнению донных отложений // Изв. ТИНРО. — 2022б. — Т. 202, вып. 3. — С. 623–639. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-623-639. EDN: FZIAEB.

Мощенко А.В., Белан Т.А., Борисов Б.М. Сообщества макрозообентоса рыхлых грунтов прибрежных акваторий открытой части залива Петра Великого Японского моря и их экологическое состояние // Изв. ТИНРО. — 2023. — Т. 203, вып. 3. — С. 581–600. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-581-600. EDN: ZEVAIV.

Мощенко А.В., Белан Т.А., Ивин В.В. Сообщества макрозообентоса восточной части пролива Босфор Восточный (залив Петра Великого Японского моря) // Изв. ТИНРО. — 2018. — Т. 193. — С. 112–142. DOI: 10.26428/1606-9919-2018-193-112-142. EDN: XWBMPR.

Мощенко А.В., Белан Т.А., Лишавская Т.С. и др. Многолетняя динамика концентраций приоритетных поллютантов и общего уровня химического загрязнения прибрежных акваторий

Владивостока (залив Петра Великого Японского моря) // Изв. ТИНРО. — 2020. — Т. 200, вып. 2. — С. 377–400. DOI: 10.26428/1606-9919-2020-200-377-400. EDN: BDTAOX.

Несис К.Н. Общие экологические понятия в приложении к морским сообществам. Сообщество как континуум // Биология океана. Т. 2 : Биологическая продуктивность океана. — М. : Наука, 1977. — С. 5–13.

Севастьянов А.В., Лишавская Т.С., Чаткина Т.В. Гипоксия придонных вод прибрежных районов залива Петра Великого // Тр. ДВНИГМИ. — 2012. — Вып. 154. — С. 226–245. EDN: PZESXT.

Суханов В.В., Петропавловский Б.С., Чавтур Н.А. Структура растительных сообществ Сихотэ-Алинского заповедника : моногр. — Владивосток : Дальнаука, 1994. — 220 с.

Факторный, дискриминантный и кластерный анализ : сб. работ. : пер. с англ. / Дж.-О. Ким, Ч.У. Мьюллер, У.Р. Клекка и др. — М. : Финансы и статистика, 1989. — 215 с.

Шипунов А.Б., Балдин Е.М., Волкова П.А. и др. Наглядная статистика. Используем R! : учеб. пособие. — М. : ДМК Пресс, 2014. — 298 с.

Шитиков В.К., Розенберг Г.С. Рандомизация и бутстреп: статистический анализ в биологии и экологии с использованием R : моногр. — Тольятти : Кассандра, 2013. — 314 с.

Borja Á., Franco J., Muxika I. The biotic indices and the Water Framework Directive: the required consensus in the new benthic monitoring tools // Mar. Pollut. Bull. — 2004. — Vol. 48, № 3–4. — P. 405–408. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2003.10.024.

Borja Á., Mader J., Muxika I. Instructions for the use of the AMBI index software (Version 5.0) // Revista de Investigacion Marina. — 2012. — Vol. 19, № 3. — P. 71–82.

Diaz R.J., Rosenberg R. Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems // Science. — 2008. — Vol. 321, № 5891. — P. 926–929. DOI: 10.1126/science.1156401.

Moshchenko A.V., Belan T.A. Near-bottom environmental conditions and macrobenthos of the inner part of Amursky Bay (Peter the Great Bay, Japan Sea) // Pacific Oceanography. — 2005. — Vol. 3, № 2. — P. 121–136.

Muxika I., Borja Á., Bald J. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive // Mar. Pollut. Bull. — 2007. — Vol. 55, № 1–6. — P. 16–29. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2006.05.025.

Salen-Picard C. Schemas d'évolution d'une biocenose macrobenthique du substrat meuble // Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris. — 1983. — Vol. 296. — P. 587–590.

Tishchenko P., Tishchenko P., Lobanov V. et al. Summertime in situ monitoring of oxygen depletion in Amursky Bay (Japan/East Sea) // Cont. Shelf Res. — 2016. — Vol. 118. — P. 77–87. DOI: 10.1016/j.csr.2016.02.014. EDN: WWAMYJ.

References

Borovikov, V.P. and Borovikov, I.P., *STATISTICA. Statisticheskii analiz i obrabotka dannykh v srede Windows* (STATISTICA. Statistical Analysis and Data Processing in the Windows Environment), Moscow: Filin, 1998.

Budaeva, V.D., Zuenko, Yu.I., and Makarov, V.G., Structure and dynamics of the Peter the Great Bay in the conditions of strong summer freshening (2008–2009), in *Yubileinyi vypusk DVNIGMI — 60 let* (The 60 Anniversary of the Far Eastern Regional Hydrometeorological Research Institute, Jubilee Issue), Vladivostok: Dal'nauka, 2010, pp. 158–172. EDN: NENODR

Budaeva, V.D., Makarov, V.G., Mezentseva, L.I., and Lubitsky, Y.W., On the spring water regime in Peter the Great Bay (Sea of Japan) and its variability in the current decade (2010–2016), *Vestnik DVO RAN*, 2018, no. 1, pp. 10–24. EDN: YOTIUX

Kabakov, R.I., *R v deistvii. Analiz i vizualizatsiya dannykh v programme R* (R in Action: Data Analysis and Visualization in the R Software), Moscow: DMK, 2014. [transl. from English by P.A. Volkova]

Moshchenko, A.V., On critical levels of ecological status for macrozoobenthic communities in Peter the Great Bay of the Japan Sea: field studies, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 204, no. 1, pp. 206–222. doi 10.26428/1606-9919-2024-204-206-222. EDN: YLGVGF

Moshchenko, A.V., On critical levels of ecological status for macrozoobenthic communities in Peter the Great Bay of the Japan Sea: model studies, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 204, no. 2, pp. 383–398. doi 10.26428/1606-9919-2024-204-383-398. EDN: HZUVAC

Moshchenko, A.V., Communities of macrozoobenthos on soft sediments in the coastal areas of Peter the Great Bay near Vladivostok (Japan Sea) and their ecological status, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2023, vol. 203, no. 3, pp. 618–638. doi 10.26428/1606-9919-2023-203-618-638. EDN: EJWBOB

Moshchenko, A.V., Belan, T.A., Borisov, B.M., Lishavskaya, T.S., and Sevastyanov, A.V., Adaptation of the method of appraisal of marine environment quality using biological data analysis at the base of AMBI and M-AMBI indices for Peter the Great Bay (Sea of Japan), *Tr. Dal'nevost. Nauchno-Issled. Gidrometeorol. Inst.*, 2021, vol. 156, pp. 142–181. EDN: GOIQMP

Moshchenko, A.V., Belan, T.A., Borisov, B.M., Lishavskaya, T.S., and Sevastyanov, A.V., To the methodology of the differentiation of macrozoobenthic soft-bottom communities: simple algorithm for ecological monitoring practice, *Tr. Dal'nevost. Nauchno-Issled. Gidrometeorol. Inst.*, 2021, vol. 156, pp. 111–141. EDN: DYEHHJ

Moshchenko, A.V., Belan, T.A., Lishavskaya, T.S., Sevastianov, A.V., and Borisov, B.M., Main tendencies of temporal changes for concentration of priority pollutants in sediments of the coastal areas at Vladivostok (Peter the Great Bay, Japan Sea), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2021, vol. 201, no. 2, pp. 440–457. doi 10.26428/1606-9919-2021-201-440-457. EDN: CCWUZE

Moshchenko, A.V., Belan, T.A., Borisov, B.M., Lishavskaya, T.S., and Sevastianov, A.V., Modern contamination of bottom sediments and ecological state of macrozoobenthos in the coastal zone at Vladivostok (Peter the Great Bay, Japan Sea), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2019, vol. 196, pp. 155–181. doi 10.26428/1606-9919-2019-196-155-181. EDN: HOMKQN

Moshchenko, A.V., Belan, T.A., and Borisov, B.M., A method for assessing chemical contamination of bottom sediments using bioassay approach, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2022, vol. 202, no. 4, pp. 861–879. doi 10.26428/1606-9919-2022-202-861-879. EDN: MDYYHD

Moshchenko, A.V., Belan, T.A., and Borisov, B.M., Distribution and classification of macrozoobenthos in Peter the Great Bay of Japan Sea in relation to contamination of bottom sediments, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2022, vol. 202, no. 3, pp. 623–639. doi 10.26428/1606-9919-2022-202-623-639. EDN: FZIAEB

Moshchenko, A.V., Belan, T.A., and Borisov, B.M., Communities of macrozoobenthos on soft sediments in the coastal areas of open parts of Peter the Great Bay Japan Sea and their ecological status, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2023, vol. 203, no. 3, pp. 581–600. doi 10.26428/1606-9919-2023-203-581-600. EDN: ZEVAIV

Moshchenko, A.V., Belan, T.A., and Ivin, V.V., Macrozoobenthic communities in the eastern part of the Eastern Bosphorus Strait (Peter the Great Bay, Japan Sea), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2018, vol. 193, pp. 112–142. doi 10.26428/1606-9919-2018-193-112-142. EDN: XWBMPR

Moshchenko, A.V., Belan, T.A., Lishavskaya, T.S., Sevastianov, A.V., and Borisov, B.M., Longterm dynamics of prior pollutants concentration and total level of chemical contamination in the coastal areas at Vladivostok (Peter the Great Bay, Japan Sea), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2020, vol. 200, no. 2, pp. 377–400. doi 10.26428/1606-9919-2020-200-377-400. EDN: BDTAOX

Nesis, K.N., Some principles for the construction and development of marine communities. General environmental concepts applied to marine communities. Community as a continuum, in *Biologiya okeana. T. 2: Biologicheskaya produktivnost' okeana* (Biology of the Ocean, vol. 2: Biological Capacity of the Ocean), Moscow: Nauka, 1977, pp. 5–13.

Sevastianov, A.V., Lishavskaya, T.S., and Chatkina, T.V., Hypoxia of near-bottom waters of coastal areas in Peter the Great Bay, *Tr. Dal'nevost. Nauchno-Issled. Gidrometeorol. Inst.*, 2012, vol. 154, pp. 226–245. EDN: PZESXT

Sukhanov, V.V., Petropavlovsky, B.S., and Chavtur, N.A., *Struktura rastitel'nykh soobshchestv Sikhote-Alinskogo zapovednika* (The Structure of the Plant Communities of the Sikhote-Alin Nature Reserve), Vladivostok: Dal'nauka, 1994.

Kim, J.-O., Mueller, C.W., Klekka, W.R., Oldenderfer, M.S., and Blashfield, R.K., *Faktornyy, diskriminantnyy i klasternyy analiz* (Factor, discriminant and cluster analysis), Moscow: Finansy i statistika, 1989.

Shipunov, A.B., Baldin, E.M., Volkova, P.A., Korobejnikov, A.I., Nazarova, S.A., Petrov, S.V., and Sufiyarov, V.G., *Naglyadnaya statistika. Ispol'zuem R!* (Illustrative statistics. Use R!), Moscow: DMK Press, 2014.

Shitikov, V.K. and Rozenberg, G.S., *Randomizatsiya i butstrep: statisticheskii analiz v biologii i ekologii s ispol'zovaniem R* (Randomization and Bootstrap: Statistical Analysis in Biology and Ecology Using R), Tolyatti: Kassandra, 2013.

Borja, Á., Franco, J., and Muxika, I., The biotic indices and the Water Framework Directive: the required consensus in the new benthic monitoring tools, *Mar. Pollut. Bull.*, 2004, vol. 48, no. 3–4, pp. 405–408. doi 10.1016/j.marpolbul.2003.10.024

Borja, Á., Mader, J., and Muxika, I., Instructions for the use of the AMBI index software (Version 5.0), *Revista de Investigacion Marina*, 2012, vol. 19, no. 3, pp. 71–82.

Diaz, R.J. and Rosenberg, R., Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems, *Science*, 2008, vol. 321, no. 5891, pp. 926–929. doi 10.1126/science.1156401

Moshchenko, A.V. and Belan, T.A., Near-bottom environmental conditions and macrobenthos of the inner part of Amursky Bay (Peter the Great Bay, Japan Sea), *Pacific Oceanography*, 2005, vol. 3, no. 2, pp. 121–136.

Muxika, I., Borja, Á., and Bald, J., Using historical data, expert judgment and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive, *Mar. Pollut. Bull.*, 2007, vol. 55, no. 1–6, pp. 16–29. doi 10.1016/j.marpolbul.2006.05.025

Salen-Picard, C., Schemas d'évolution d'une biocenose macrobenthique du substrat meuble, *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences de Paris*, 1983, vol. 296, pp. 587–590.

Tishchenko, P., Tishchenko, P., Lobanov, V., Sergeev, A., Semkin, P., and Zvalinsky, V., Summertime in situ monitoring of oxygen depletion in Amursky Bay (Japan/East Sea), *Cont. Shelf Res.*, 2016, vol. 118, pp. 77–87. doi 10.1016/j.csr.2016.02.014. EDN: WWAMYJ

Statistical analysis and interpretation of marine community data: reference methods for marine pollution studies, Nairobi: UNEP, 1995, no. 64.

Otchet Nauchno-Issled. Rab. "Analiz raspredeleniya donnykh zhyvotnykh vdol' gradiyenta evτροφikatsii i korrektsiya morskikh bioticheskikh indeksov (AMBI i M-AMBI) na osnove tekushchikh i istoricheskikh dannykh gidrobiologicheskogo monitoringa" (Res. Rep. "Analysis of the distribution of benthic animals along the eutrophication gradient and correction of marine biotic indices (AMBI and M-AMBI) based on current and historical hydrobiological monitoring data), Available from DVNIGMI, 2025, Vladivostok, no. GR AAAA-A20-120042190045-6. https://ferhri.ru/images/stories/FERHRI/NIR/Otchety/otchet_4.6.6_2025_moschenko.pdf. Cited April 27, 2026.

R Core Team, R: A Language and Environment for Statistical Computing, Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025. <https://www.R-project.org/>. Cited April 27, 2026.

Поступила в редакцию 29.04.2026 г.

После доработки 8.05.2026 г.

Принята к публикации 15.06.2026 г.

*The article was submitted 29.04.2026; approved after reviewing 8.05.2026;
accepted for publication 15.06.2026*

Научная статья

УДК 551.467.3(265.53)

DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-348-364

EDN: SZTJYK



СИНОПТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНО ЛЕДОВИТЫХ И МАЛОЛЕДОВИТЫХ ЗИМ В ОХОТСКОМ МОРЕ

С.Ю. Глебова, Л.С. Муктепавел*

Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

Аннотация. Проанализирована динамика ледовитости Охотского моря с середины 1970-х гг. и рассмотрены синоптические причины формирования ледовитых и малоледовитых периодов. Установлено, что экстремальное развитие ледовитости, отмечавшееся в 1977–1983 и 1998–2003 гг., было связано с комплексом общих синоптических условий в октябре–марте — активизацией зимних центров действия атмосферы (ЦДА), крайним восточным положением Алеутской депрессии, распространением гребня Сибирского антициклона в северные широты, обострением над Охотским морем градиентной зоны и ослаблением над ним циклонической деятельности. В результате на акваторию Охотского моря усиливалась адвекция холодного арктического воздуха, что способствовало интенсивному льдообразованию. Важной предпосылкой является ранняя (раньше третьей декады сентября) перестройка барического поля в предосенний период на зимний тип и образование в высоких широтах холодной области высокого давления. Для зим с умеренной ледовитостью характерным было нормальное состояние ЦДА, циклоны преимущественно выходили на западные районы Берингова моря, что способствовало выносу на акваторию Охотского моря не арктических, а умеренно-холодных беринговоморских воздушных масс. Развитие зимнего муссона начинается в климатические сроки (третья декада сентября). Периоды малоледовитых зим (1989–1997 гг. и 2004–2015 гг.) также объединяет ряд схожих синоптических условий — западное смещение Алеутской депрессии и снижение активности обоих ЦДА, ослабление муссонной циркуляции над Охотским морем, аномально высокая частота циклонов над бассейном, переносящих теплые воздушные массы. Формирование зимнего (северного) муссона происходит с запаздыванием на 1–2 декады (в октябре), и характеристикой барического поля в предосенний период является наличие области низкого давления в полярных широтах.

Ключевые слова: ледовитость Охотского моря, центры действия атмосферы, барическое поле, муссонная циркуляция, циклоны, перестройка атмосферного режима

Для цитирования: Глебова С.Ю., Муктепавел Л.С. Синоптические предпосылки и сценарии развития экстремально ледовитых и малоледовитых зим в Охотском море // Изв. ТИНРО. — 2026. — Т. 206, вып. 2. — С. 348–364. DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-348-364. EDN: SZTJYK.

* Глебова Светлана Юрьевна, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, svetlana.glebova@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0006-5736-5758; Муктепавел Лариса Станиславовна, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, larisa.muktepavel@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0001-6938-5581.

© Глебова С.Ю., Муктепавел Л.С., 2026

Synoptic prerequisites and scenarios for forming the extreme ice-rich and low-ice winters in the Okhotsk Sea

Svetlana Yu. Glebova*, Larisa S. Muktepavel**

*, ** Pacific Branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia

* Ph.D., leading researcher, svetlana.glebova@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0006-5736-5758

** Ph.D., leading researcher, larisa.muktepavel@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0001-6938-5581

Abstract. The ice cover dynamics in the Okhotsk Sea since 1970s is analyzed and synoptic atmospheric conditions for ice-rich and low-ice periods are determined. These periods were distinguished by combination of certain synoptic patterns from October to March. The extremely vast ice cover was observed in 1977–1983 and 1998–2003 when the winter centers of atmospheric action were active, the Aleutian Low located in the extreme eastern position, the ridge of Siberian High extended far north, the air pressure gradient over the Okhotsk Sea was high, and cyclonic activity over the sea was weak. As the result, cold Arctic air invaded to the Okhotsk Sea and contributed to rapid forming the sea ice. Typical prerequisite of this process was a vast cold zone of high pressure at high latitudes promoted early transition of the barometric pressure field to winter patterns in early September. In the winters with moderate ice cover, the atmospheric centers were less active and the tracks of cyclones were directed mainly to the western Bering Sea that provided transfer of rather warm air masses from Bering Sea to the Okhotsk Sea. Under these conditions, winter monsoon began in late September. The periods of low-ice winters in 1989–1997 and 2004–2015 were distinguished by low activity of the Siberian High and Aleutian Low with westward shift of the latter and abnormally high frequency of cyclones passed over the Okhotsk Sea and induced warm air advection. In this case the winter monsoon formed in 10–20 days later, in October. Such conditions were proceeded by lowered atmospheric pressure in the polar zone.

Keywords: ice cover, Okhotsk Sea, atmospheric action center, atmospheric pressure, monsoon circulation, cyclone, atmosphere regime

For citation: Glebova S.Yu., Muktepavel L.S. Synoptic prerequisites and scenarios for forming the extreme ice rich and low ice winters in the Okhotsk Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2026, vol. 206, no. 2, pp. 348–364. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-348-364. EDN: SZTJYK.

Введение

Ледовые условия формируются вследствие сложных механизмов взаимодействия атмосферы и океана и оказывают существенное влияние на формирование климата, термического режима вод, структуру морских течений и другие процессы. Знание причинно-следственных связей изменчивости ледовой обстановки и атмосферной циркуляции позволяет выделять оптимальные районы и сроки для зимнего промысла, определять условия нереста промысловых видов рыб, оценивать временные рамки биологических событий (например, пик цветения фитопланктона).

Ход ледовитости в Охотском море за весь существующий период наблюдений делится на относительно малоледовитые и ледовитые периоды (рис. 1). Для периода 1958–1983 гг. характерным было нестабильное накопление положительных аномалий площади ледяного покрова, но начиная с 1984 г. отмечается преобладание мягких и экстремально мягких зим, что может свидетельствовать о глобальных климатических изменениях в атмосфере и гидросфере. Критерием для выбора аномальных сезонов в Охотском море были аномально низкие площади ледяного покрова в период максимального развития льда (февраль–март) в Охотском море. Аномальность ледовитости определялась соотношениями: $L_m - L_{cp} > 1/2A$ — для аномально ледовитых зим, $L_m - L_{cp} < 1/2A$ — для аномально малоледовитых зим, где L_m — среднемесячная ледовитость в феврале, L_{cp} — среднемноголетнее значение ледовитости в феврале, A — амплитуда изменения характеристики [Муктепавел, 2007].

На графике рис. 1 видно, что в межгодовой изменчивости ледовитости моря наблюдается определенная цикличность, а именно наличие разных по продолжитель-

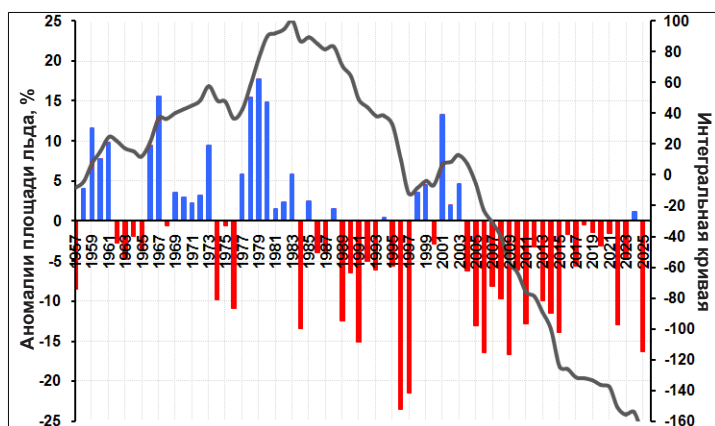


Рис. 1. Интегральная кривая среднегодовой площади ледяного покрова в Охотском море на фоне ее аномалий за период 1957–2025 гг.

Fig. 1. Annual mean anomalies of the ice cover in Okhotsk Sea in 1957–2025 and cumulative curve of the ice cover since 1957

ности периодов аномального увеличения и уменьшения площади льда. Так, в периоды преобладания суровых зим (1950–1970-е гг.) фиксируются годы с пониженной ледовитостью (1962–1965 и 1974–1976), а на фоне преобладания отрицательных аномалий после 1984 г. (в 1998–2003 гг.) количество льда в Охотском море вновь превысило «норму», достигнув экстремальных значений в 2001 г. При этом выделяется период с 2016 по 2025 г., для которого характерно чередование малоледовитых и умеренно ледовитых ледовых сезонов [Муктепавел, 2020]. С 2004 г. сохраняется режим формирования малоледовитых и умеренно ледовитых зим (за исключением 2024 г., когда в феврале и марте события развивались по сценарию аномально ледовитых зим). Начало последнего периода уменьшения площади морского льда совпадает со сменой тенденций в характеристиках центров действия атмосферы (ЦДА) над Азиатско-Тихоокеанским регионом и однонаправленных многолетних трендов изменений температуры воды и воздуха в отдельных районах Дальнего Востока [Глебова и др., 2009; Пищальник и др., 2016; Шатилина и др., 2016; и др.].

В исследованиях ледовитости Охотского моря накоплен значительный научный материал. В.В. Плотников [2002] провел комплексное исследование изменчивости ледовых условий Охотского моря и определяющих их факторов за период 1957–1999 гг., уделив особое внимание сезонной динамике ледовитости. А.М. Полякова [2012] изучила сверхдолгосрочные связи между суммарной продолжительностью действия различных типов атмосферной циркуляции над северной частью Тихого океана и площадью ледяного покрова Охотского моря с учетом траекторий перемещения циклонов и положения антициклонов. Ряд исследований [Глебова, 2012; Хен и др., 2012; Мезенцева, Федулова, 2017] посвящен анализу многолетних изменений ключевых параметров дальневосточных морей за 1980–2012 гг.; выявлены характерные особенности температуры воздуха и воды, ледовитости дальневосточных морей. Механизмы формирования аномальной ледовитости на всей акватории Охотского моря рассмотрены в работах Т.А. Шатиловой и Г.И. Анжиной [2008], а также Л.С. Муктепавел и Т.А. Шатиловой [2009]. Исследователи оценили закономерности возникновения экстремально малоледовитых зим с учетом макропроцессов в средней тропосфере над вторым естественным синоптическим районом Северного полушария (30–70° с.ш. 80–160° в.д.). На основе выявленных взаимосвязей между площадью ледяного покрова Охотского моря и гидрометеорологическими параметрами осенне-зимнего сезона (температурой воды и воздуха, интенсивностью циклонической деятельности) И.В. Шумилов с соавторами [2024] разработали физико-статистический метод долгосрочного прогноза ледовитости с заблаговременностью до 4 мес. Также было установлено [Шумилов и др., 2025], что выход циклонов на акваторию Охотского моря может замедлять рост площади ледяного покрова не менее чем на 10 %.

С прогрессом спутниковых технологий работы по выявлению взаимозависимостей между характеристиками атмосферы и льда приобретают особую важность для развития методов прогнозов. Ключевыми задачами остаются выявления критических состояний ледовитости моря и механизмов их формирования. Несомненно, что многолетние колебания ледовитости Охотского моря происходят вследствие трансформации синоптического режима над Дальневосточным регионом, включая изменения состояния сезонных ЦДА, смещение траекторий циклонов, перестройку преобладающих воздушных потоков и т.д.

Таким образом, настоящая статья посвящена анализу особенностей атмосферных процессов регионального и локального масштаба, формирующихся в малоледовитые и ледовитые периоды в Охотском море.

Материалы и методы

Для анализа ледовитости Охотского моря в качестве исходной информации использовались электронный архив карт ледовых условий и база декадной площади льда в Охотском море (с 1979 г.), хранящиеся в лаборатории промысловой океанографии ТИНРО. Данные получены преимущественно по материалам наиболее информативных регулярных космических съемок полярно-орбитальных российских (серии Метеор–М) и американских (серии NOAA (AQUA (Modis))) спутников с пространственным разрешением от 60 до 500 м. Декодированные изображения спутников поступают в ТИНРО по каналам электронной почты из Научно-исследовательского центра космической гидрометеорологии «ПЛАНЕТА» г. Хабаровск (в рамках договора). Сведения об использовании ледовой информации с 1957 г. подробно изложены в работе Л.С. Муктепавел [2007], все исследования базировались на декадных данных по ледовитости.

Результаты съемок ледяного покрова Охотского моря также доступны на официальном сайте Japan Meteorological Agency (JMA) (<http://www.data.jma.go.jp>). Данные предоставлены в виде цветокодированных по стандартным грациям сплоченности льда карт-схем. JMA является частью системы Всемирной сети метеорологических спутниковых наблюдений и постоянно совершенствует свою систему мониторинга за морским льдом. Дополнительно были использованы спутниковые ледовые карты National Ice Center, США (http://www.natice.noaa.gov/pub/West_Arctic/) с 1998 г.

Данные организованы в виде баз данных ГИС, которые предоставляют возможность с помощью ArcView или ARC/INFO в наглядной и удобной форме отображать, исследовать, запрашивать и анализировать ледовую информацию с 1997. В каталоге \arc хранятся данные в формате обменного файла ARC/INFO (.e00). Каталог \OKHOTSK содержит информацию по соответствующему году. Покрытия ArcView хранятся в географической проекции в десятичных градусах. Для каждой декады отдельного года с декабря по май строились карты пространственного распределения льда. Критерием для выбора экстремальных сезонов в Охотском море были площади ледяного покрова в период максимального развития льда (февраль-март) в Охотском море (методика представлена в работе Л.С. Муктепавел [2007]).

Для анализа многолетнего хода аномалий ледовитости использовался метод интегральных кривых, которые представляют собой накопленные суммы среднесезонных аномалий. Фактически интегральная кривая аномалий — это сглаженная кривая многолетнего хода параметра [Гирс, Кондратович, 1978]. Одновременно она позволяет определить наличие и продолжительность коротких и длинных циклов во временном ходе параметра.

Исследование характера влияния атмосферных процессов на условия формирования ледовитости в Охотском море фокусировалось на анализе синоптических показателей регионального и локального масштаба, осредненных для осенне-зимнего сезона (октябрь-март), который включает в себя не только месяцы становления и развития льда (январь-март), но и предшествующий сезон начала выхолаживания моря (октябрь-декабрь).

В качестве первичного исходного материала были привлечены синоптические карты, осредненные за 10-дневный период, за временной интервал 1974–2025 гг. (общее количество 936 карт). Для 1974–1989 гг. карты декадного осреднения были позаимствованы из ежемесячных Синоптических бюллетеней, выпускавшихся Центральным институтом погоды (ЦИП). С 1990 г. для построения карт 10-дневных полей приземного давления привлекались ежедневные факсимильные синоптические карты Японского метеорологического агентства (методика формирования и обработки карт подробно изложена в работе С.Ю. Глебовой с соавторами [2009]). На основе этих карт для каждой декады месяца определены:

- пространственное положение и интенсивность Сибирского антициклона и Алеутской депрессии;

- меридиональный индекс атмосферной циркуляции А.Л. Каца (I_m) как показатель интенсивности и направленности локального муссонного переноса воздушных масс над акваторией Охотского моря, расчет индекса выполнен в соответствии с алгоритмом, описанным в публикации С.Ю. Глебовой [2006];

- сроки перехода летнего муссона на зимний в Охотском море (декада смены положительного знака I_m на отрицательный).

Для обеспечения согласованности временных рядов и исключения межгодовой изменчивости все данные (включая ряд ледовитости) были приведены к единому периоду наблюдений (с 1974 по 2025 г.) и сглажены осреднением по 5-летним периодам.

Дополнительно составлялись сборно-кинематические карты траекторий приземных циклонов для каждого месяца осенне-зимнего сезона за 1995–2025 гг. (180 карт), которые использовались также для определения интенсивности циклонов в индексах циклоничности [Куницын, 1956] (методика представлена в работе С.Ю. Глебовой [2018]).

Результаты и их обсуждение

Известно, что в межгодовой изменчивости ледовитости Охотского моря присутствует определенная цикличность, а именно наличие разных по продолжительности периодов аномального увеличения и уменьшения площади льда [Муктепавел, Шатилина, 2009; Пищальник и др., 2016; Муктепавел, 2020; Анжина, Вражкин, 2021; и др.]. Согласно осредненному графику с середины 1970-х гг. наблюдается долговременное уменьшение площади ледяного покрова (рис. 2, а). Тем не менее в рамках нисходящего полувекowego тренда ледовитость трижды увеличивалась: на рубеже 1970/1980, 1990/2000 и 2010/2020 гг., практически через каждые 20 лет; при этом во время последнего холодного периода (2016–2021) уровень ледовитости лишь приближался к нормальному.

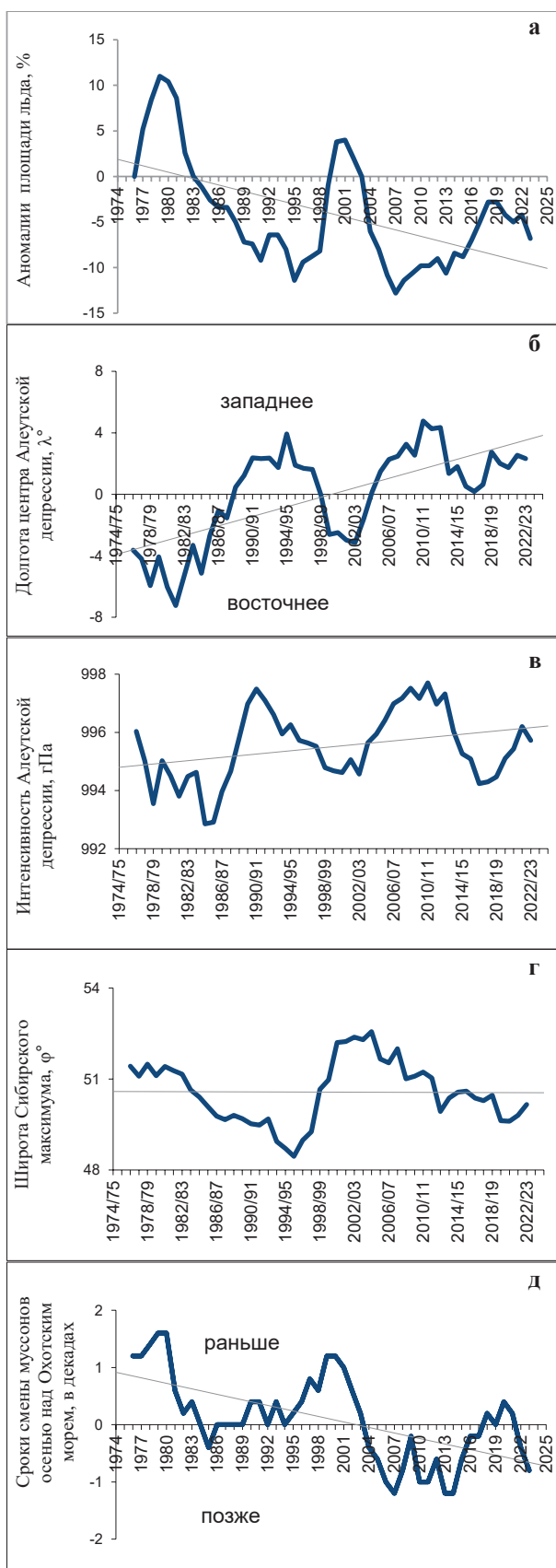
Проведенный сравнительный анализ данных показал, что характер ледовитости в Охотском море в большой степени определяется состоянием Алеутской депрессии в октябре-марте. На протяжении рассматриваемого периода процесс сокращения льда происходил одновременно с неуклонным смещением депрессии с востока на запад, а сама она медленно теряла интенсивность (давление в ее области имело слабую положительную тенденцию) (рис. 2, а–в). Вместе с тем в конце 1970-х, начале 1980х, начале 2000-х гг. отмечалось отклонение показателей от «доминирующих линий», когда депрессия возвращалась на восток и становилась наиболее активной. Именно в эти годы ледовитость в Охотском море возрастала до экстремальных величин.

Помимо Алеутской депрессии, в формировании ледовых условий Охотского моря важную роль играет и Сибирский максимум: в течение обоих периодов аномального развития льда антициклон осенью и зимой занимал наиболее северное положение (рис. 2, г). Примечательно, что в конце 2010-х гг. интенсивность депрессии вновь возросла, хотя ее отклонение на восток было менее масштабным по сравнению с предыдущими холодными периодами, при этом Сибирский антициклон располагался не на севере, а был максимально смещен к югу. В эти годы ледовитость хотя и увеличивалась, но не превышала среднезимнюю норму.

Рис. 2. Многолетний ход ледовитости Охотского моря (а) и атмосферных показателей в октябре-марте: долготы (б) и интенсивности (в) Алеутской депрессии, широты Сибирского антициклона (г), смещение декад смены «локальных» муссонов над Охотским морем осенью относительно третьей декады сентября (д)

Fig. 2. Interannual variations of the Okhotsk Sea ice cover (a); longitudinal position (б) and intensity (в) of the Aleutian Low and latitude of the Siberian High center (г) in October-March; temporal shifts (by 10-days) of the monsoon change over Okhotsk Sea in autumn relative to climatic mean timing in late September (д)

Как правило, Сибирский максимум определяет суровость зим в Охотском море через изменение интенсивности выноса холодных воздушных масс с континента; Алеутская депрессия влияет на поступление воздушных потоков с океана. При взаимодействии этих ЦДА над Охотским морем формируется градиентная зона и развивается муссонная циркуляция, которая напрямую влияет на ветровую обстановку на бассейне и, как следствие, на его термический режим. Интенсивное развитие этих барических систем начинается в сентябре-октябре и сопровождается сменой атмосферных режимов над Охотским морем (переходом от южной ветровой циркуляции к северной). Анализ многолетнего хода декадных значений меридионального индекса (Im) показал, что в среднемноголетнем плане датой начала развития локального северного переноса над Охотским морем является третья декада сентября, причем отклонение в обе стороны может достигать 2–3 декад (в экстремальных случаях от первой декады сентября до третьей декады



октября). Оказалось, что сроки перехода к зимнему муссону тесно связаны с последующей ледовитостью: раннее его формирование предшествует более интенсивному льдообразованию, причем чем раньше происходит смена процессов, тем выше значения ледовитости (рис. 2, а, д). Напротив, задержка муссона становится предпосылкой для малоледовитых зим.

Смену муссонов определяют сроки становления сезонных ЦДА. «Преждевременная» активизация Сибирского антициклона и Алеутской депрессии запускает всю цепочку событий: раньше образуется зона барических градиентов с преобладающими над Охотским морем северными ветрами и возникает адвекция холода, морская поверхность охлаждается быстрее, и процесс льдообразования проходит ускоренными темпами. При позднем образовании центров действия, соответственно, сроки формирования ледяного покрова задерживаются. Фактически состояние этих барических систем в начале осени закладывает основу для развития атмосферных процессов в последующие зимы по холодному или теплomu типу, определяя тем самым и дальнейшую эволюцию ледяного покрова.

Для выявления различий в характере атмосферной циркуляции над Охотским морем для периодов высокой и низкой ледовитости строились карты среднего барического поля и их аномалий за октябрь–март. С 1995 г. дополнительно использовались данные о повторяемости и интенсивности (в индексах циклоничности) приземных циклонов над регионом.

В течение первого из рассматриваемых периодов холодных зим (1977–1983 гг.), характеризовавшегося стабильно положительными аномалиями ледового покрова, Алеутская депрессия находилась юго-восточнее своего климатического положения, в районе зал. Аляска, и была очень глубокой (отрицательные аномалии давления охватывали северную часть Тихого океана) (рис. 3). Мощность Сибирского антициклона также значительно превышала норму, и самые большие положительные аномалии отмечались в полярной области, что может свидетельствовать о формировании здесь области холода (рис. 3, б). Зона барических градиентов между атмосферными центрами

имела высокую степень перепадов давления и была меридионально ориентированной, поступающий вдоль нее холодный арктический воздух способствовал быстрому выхолаживанию водной поверхности и ускоренному процессу льдообразования. При такой синоптической ситуации складывались условия для развития тяжелой ледовой обстановки.

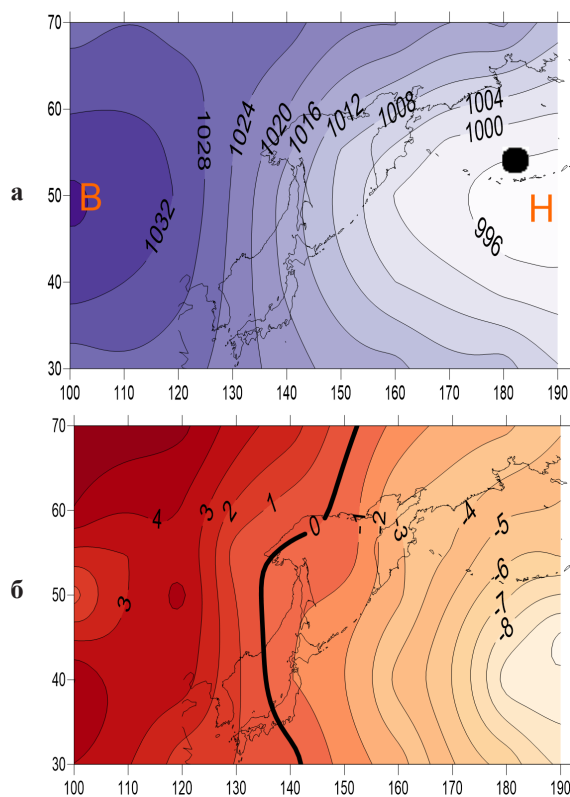


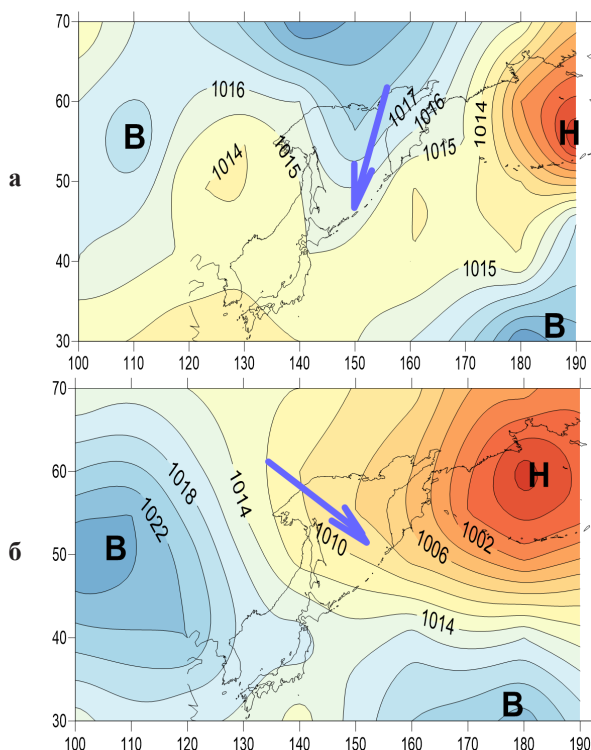
Рис. 3. Средние поля приземного давления (а) и его аномалий (б) в октябре–марте для экстремально ледовитого периода 1977–1983 гг.; здесь и далее: *черный круг* — среднемноголетнее положение Алеутской депрессии в октябре–марте; *В* и *Н* — соответственно антициклон и циклон

Fig. 3. Average atmospheric pressure at the sea surface (a) and its anomalies (b) in October–March for the ice-rich period of 1977–1983; Hereinafter: *black circle* — mean position of Aleutian Low center in October–March; *B* — anticyclones; *H* — cyclones

Самым ледовитым годом этого периода можно назвать 1979 г., когда аномалия площади ледяного покрова за зиму превышала 15 %-ный уровень (см. рис. 1). Для оценки характера муссонной циркуляции (времени смены муссонов) в предшествующий осенний период были построены карты среднего барического поля для второй и третьей декад сентября 1978 г. (третья декада — нормальные сроки развития зимнего муссона, вторая декада — опережение срока на одну декаду) (рис. 4).

Рис. 4. Синоптические ситуации в сентябре 1978 г. перед экстремально ледовитой зимой 1979 г.: **а** — раньше срока (вторая декада сентября); **б** — средние сроки (третья декада сентября); здесь и далее: синими стрелками показано основное направление ветрового переноса

Fig. 4. Synoptic situations in September 1978, prior to the ice-rich winter of 1979: **a** — in middle September (before usual timing); **б** — in late September (in usual timing). Hereinafter: blue arrows — main wind transfer



Во второй декаде сентября процесс перехода от летнего барического режима к зимнему уже начался. Над прибрежными районами пока сохранялась летняя дальневосточная ложбина, но на востоке Берингова моря образовалась глубокая Алеутская депрессия, а над материком малоактивный Сибирский антициклон находился в гребне обширного Полярного антициклона (рис. 4, а). По южной периферии полярного гребня, вытянутого в сторону Охотского моря, в бассейн проникали холодные воздушные массы с Чукотки, ветровой перенос имел северную направленность. В третьей декаде типичная для зимы ситуация сложилась окончательно: оба ЦДА заняли свои обычные для зимнего сезона положения, над Охотским морем сформировался устойчивый северо-западный перенос (рис. 4, б).

Следующий период высокой ледовитости (1998–2003 гг.) отличался менее экстремальными ледовыми показателями (кроме 2001 г.) и нестабильностью (в черед лет с положительными аномалиями наблюдался малоледовитый 2000 г.). Синоптическая картина осенне-зимнего сезона также имела некоторые особенности. Сибирский антициклон в своей центральной области был ослаблен: над материком преобладали отрицательные и слабopоложительные аномалии давления, однако повышенный фон давления на севере региона может свидетельствовать о значительном усилении в те годы его северного отрога (рис. 5).

Алеутская депрессия располагалась над восточными районами Берингова моря (возле Бристольского залива), ее активность превышала норму. В область депрессии поступали преимущественно материковые полярно-фронтовые циклоны, которые огибали Охотское море с юга и наибольшей интенсивности достигали над восточными

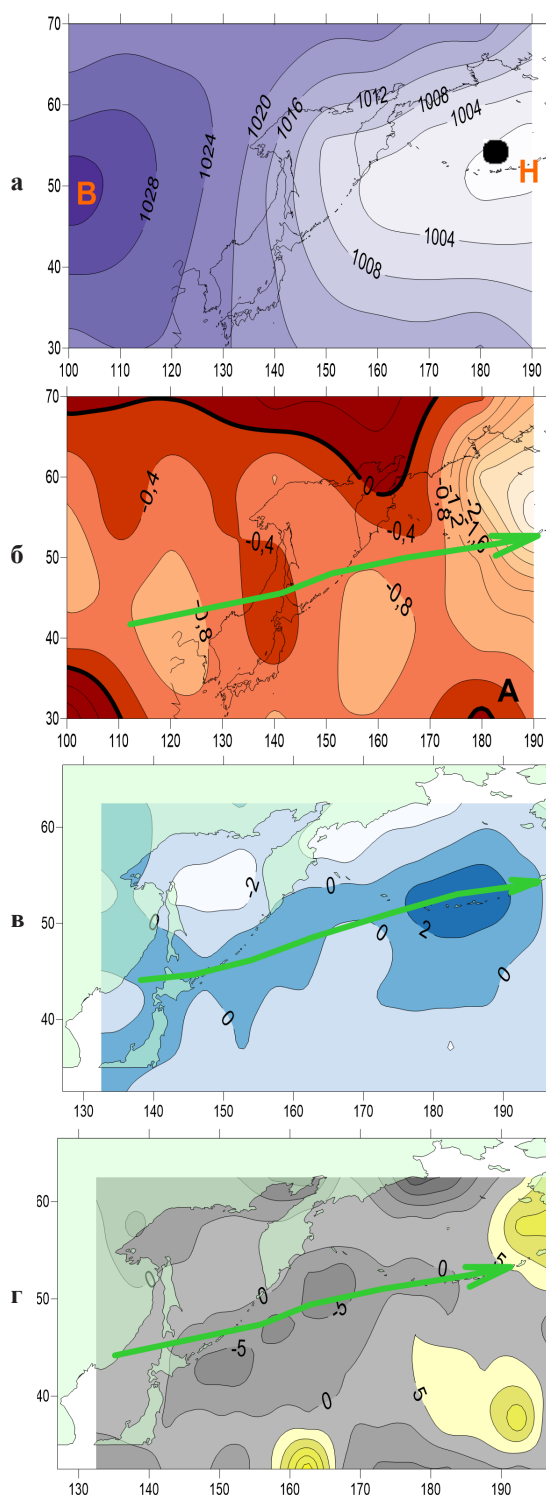


Рис. 5. Средние поля приземного давления (а), его аномалий (б), аномалий количества (в) и интенсивности (г) циклонов в октябре-марте для экстремально ледовитого периода 1998–2003 гг.; здесь и далее: *зеленые стрелки* — траектории циклонов за сезон

Fig. 5. Average atmospheric pressure at the sea surface (а) and its anomalies (б) in October-March and anomalies of number (в) and intensity (г) of cyclones over the Okhotsk Sea in the same season for the ice-rich period of 1998–2003. Hereinafter: *green arrows* — cyclone tracks

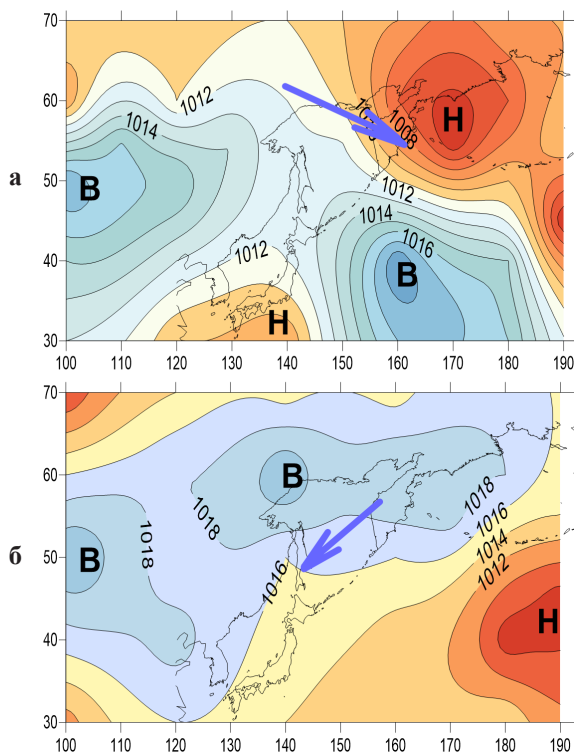
районами берингоморского бассейна. Как правило, в таких случаях Охотское море оказывается под влиянием их глубоких тыловых ложбин, которые способствуют усилению над морем северных ветровых переносов и выхолаживанию поверхности моря. Можно отметить некоторый отличительный нюанс. В предшествующий холодный период (1977–1983 гг.) зона сгущения изобар охватывала все Охотское море. В 1998–2003 гг. адвекция холода была более локальной, менее контрастной и располагалась

преимущественно вблизи северо-восточных районов моря, что могло сказываться на некотором снижении скорости выхолаживания бассейна и нарастания ледяного покрова.

По аналогии с предыдущим периодом для определения особенностей начала развития зимней муссонной циркуляции перед экстремально ледовитым 2001 г. составлялись карты осредненной синоптической ситуации для второй и третьей декад сентября 2000 г. (рис. 6). Присутствие зимних ЦДА обозначилось уже во второй декаде. Сибирский антициклон был хорошо развит, а его гребень ориентирован в сторону Охотского моря. Алеутская депрессия имела два центра, один из которых располагался на западе Берингова моря и вызывал над охотоморским бассейном северо-западный перенос (рис. 6, а). В третьей декаде сентября перестроочный процесс усилился. Мощности антициклона возросла, а его северо-восточный гребень расширился до Чукотки, усиливая адвекцию холода на акваторию Охотского моря. В его области над северо-охотоморским побережьем образовалось самостоятельное ядро высокого давления, являвшееся дополнительным центром холода.

Рис. 6. Синоптические ситуации в сентябре в 2000 г. перед экстремально ледовитой зимой 2001 г.: **а** — раньше срока (вторая декада сентября); **б** — средние сроки (третья декада сентября)

Fig. 6. Synoptic situations in September 2000, prior to the ice-rich winter of 2001: **a** — in middle September (before usual timing); **б** — in late September (in usual timing)



Последний период увеличения льда в Охотском море пришелся на 2016–2021 гг., когда после цикла малоледовитых зим уровень ледовитости максимально приблизился к нормальному. В эти годы положение депрессии соответствовало среднемуголетнему, распределение давления в ее области также было в пределах климатической нормы (рис. 7, а, б). В целом ослабленным был и Сибирский антициклон (в районах распространения его северных гребней над полярной зоной наблюдались сплошные отрицательные аномалии давления), а центр антициклона оказался смещенным к западу (рис. 7, а, б).

Еще одной отличительной особенностью периода была активная циклоническая деятельность на субтропическом фронте: южные циклоны приходили на западные районы Берингова моря и здесь же углублялись (рис. 7, в, г). Из-за ослабления сибирского гребня вынос арктических воздушных масс на акваторию Охотского моря был ограниченным, в большей степени в тылу берингоморских циклонов сюда поступал умеренный морской воздух Берингова моря. Как следствие, в Охотском море отсутствовали условия для экстремального развития ледовитости.

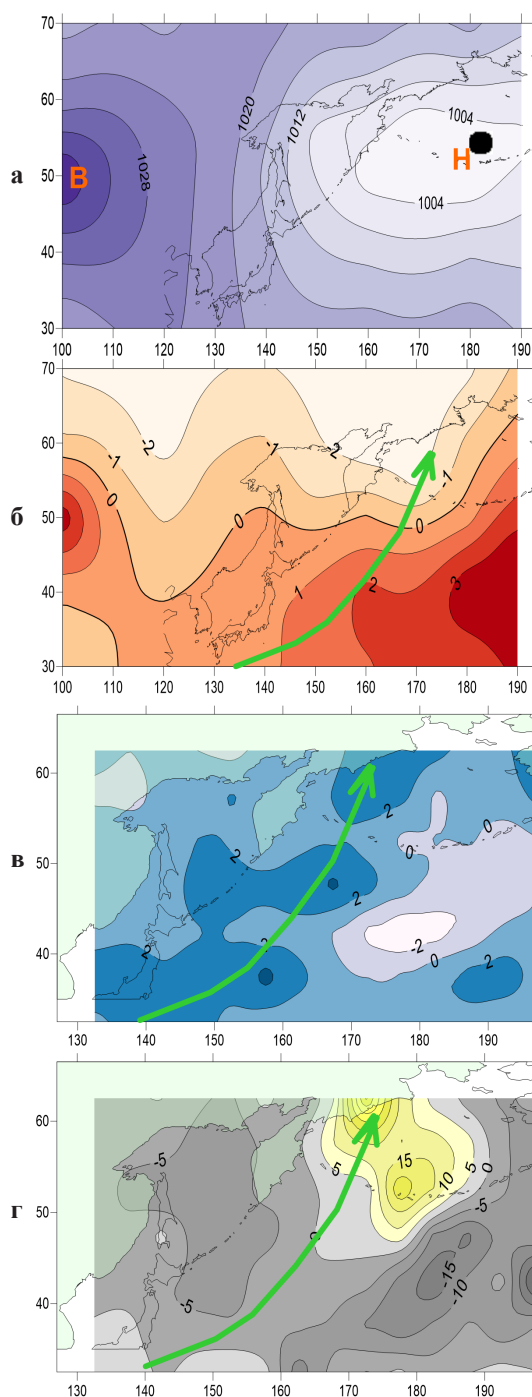


Рис. 7. Средние поля приземного давления (а), его аномалий (б), аномалий количества (в) и интенсивности (г) циклонов в октябре-марте в период нормальной ледовитости 2016–2021 гг.

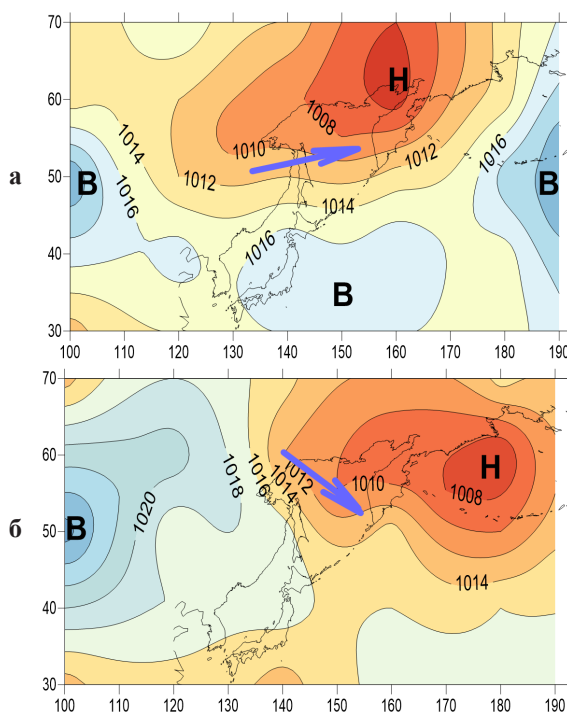
Fig. 7. Average atmospheric pressure at the sea surface (а) and its anomalies (б) in October-March and anomalies of number (в) and intensity (г) of cyclones over the Okhotsk Sea in the same season for the period of 2016–2021 with moderate ice cover

Начало перестройки барического поля в предосенний период проанализировано на примере 2018 г., предшествующего среднеледовитому 2019 г. цикла (см. рис. 1). Синоптические процессы второй декады сентября отличались зональным распределением барических систем: северные широты были заняты областью низкого давления с самостоятельным центром (арктической депрессией) над Чукоткой, южнее располагался пояс высокого давления с зарождающимся над материком Сибирским антициклоном. При подобной барической конфигурации над Охотским морем образовалась широтно-ориентированная градиентная зона, в которой преобладали западные и юго-западные воздушные переносы, признаки локального зимнего муссона еще отсутствовали.

Окончательное формирование зимнего барического поля произошло в третьей декаде месяца — в средние сроки (рис. 8). Следовательно, зиме с умеренной ледовитостью предшествовали атмосферные события, развивающиеся по типичному (нормальному) сценарию.

Рис. 8. Синоптические ситуации в сентябре в 2018 г. перед среднеледовой зимой 2019 г.: **а** — раньше срока (вторая декада сентября); **б** — средние сроки (третья декада сентября)

Fig. 8. Synoptic situations in September 2018, prior to the winter of 2019 with moderate ice cover: **a** — in middle September (before usual timing); **б** — in late September (in usual timing)



Синоптические ситуации, приведшие к аномально низкой ледовитости в Охотском море в периоды 1989–1997 и 2004–2015 гг., были очень схожи по характеру атмосферной циркуляции. Алеутская депрессия располагалась юго-западнее климатического положения; интенсивность обоих центров действия была низкой, что следует из распределения зон отрицательных и положительных аномалий в области депрессии и антициклона (рис. 9, а–г). Как следствие, уменьшались барические градиенты, ослабевал зимний муссон. Кроме того, непосредственно над Охотским морем отмечался интенсивный циклогенез, причем в первый период (1989–1997 гг.) на бассейн выходили преимущественно материковые полярно-фронтовые циклоны, а во втором периоде (2004–2015 гг.) — субтропические циклоны. Наибольшей активности они достигали, как правило, севернее или южнее акватории, стимулируя адвекцию тепла на разные участки Охотского моря (рис. 9, д–з). В результате комбинации этих факторов (смещении депрессии в западном направлении, ослаблении обоих ЦДА, активизации циклоничности) в Охотском море создавались условия для аномально теплых зим.

Для определения сроков перехода барического поля на зимний тип в каждом периоде были выбраны годы с наибольшими отрицательными аномалиями площади льда — 1996 и 2006. Поскольку теплым зимам, как правило, предшествует задержка зимнего муссона (см. рис. 2), анализ предосенней синоптической ситуации проводился для первой и второй декад октября предшествующих лет — соответственно 1995 и 2005. И в этом случае наблюдается аналогичность синоптических картин, особенно в первых декадах октября. Сибирский антициклон уже сформировался, но имел не северный, а южный гребень, направленный в сторону Северотихоокеанского антициклона. Над северными широтами располагался пояс низкого давления, объединяющий три циклонических центра, и один из них находился непосредственно над Охотским морем (рис. 10, а, б). При подобной ситуации зимний муссон над

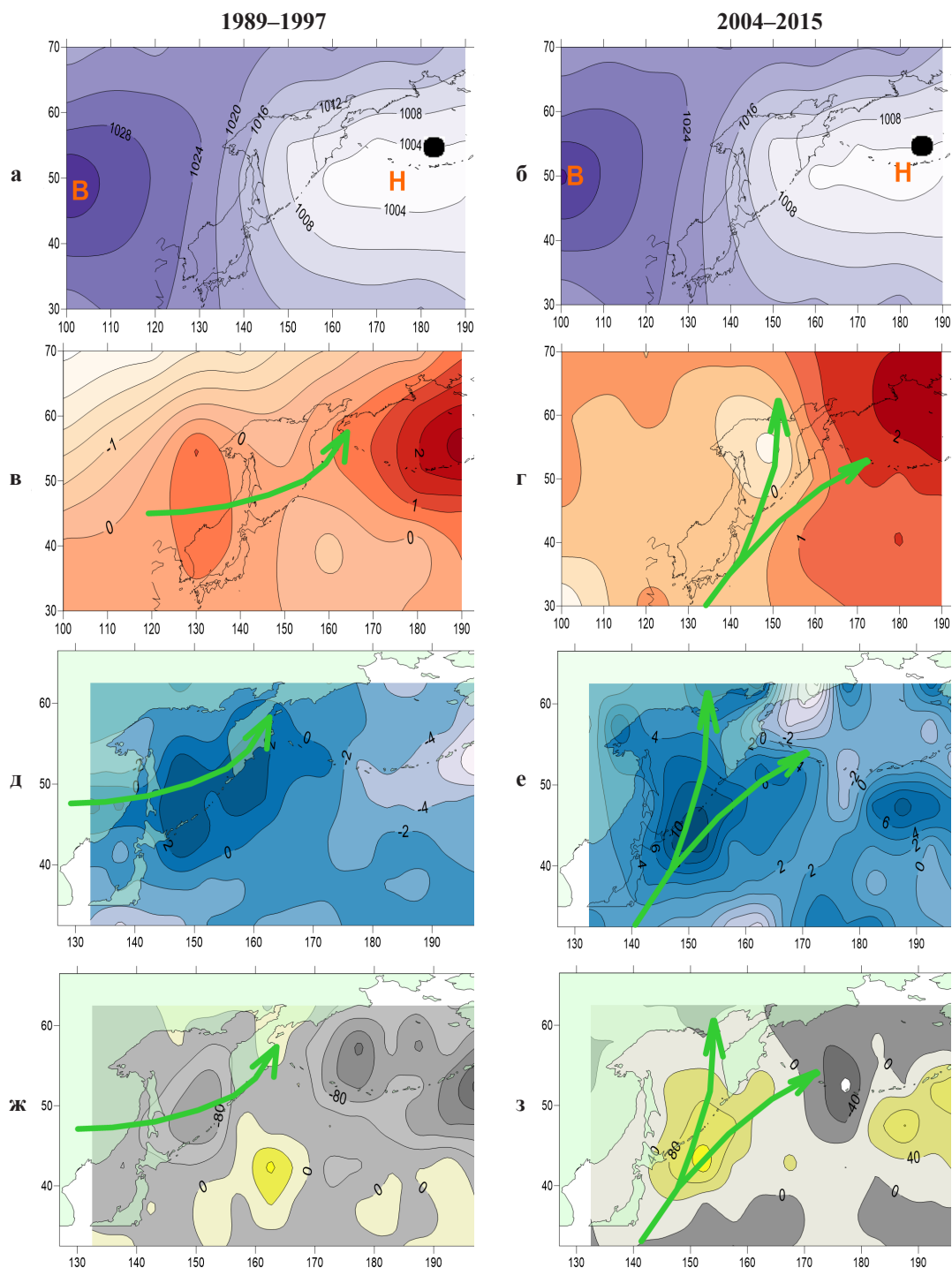


Рис. 9. Средние поля приземного давления (а, б), его аномалий (в, г), аномалий количества (д, е) и интенсивности (ж, з) циклонов в октябре-марте для периодов аномально низкой ледовитости 1989–1997 и 2004–2015 гг.

Fig. 9. Average atmospheric pressure at the sea surface (а, б) and its anomalies (в, г) in October-March and anomalies of number (д, е) and intensity (ж, з) of cyclones over the Okhotsk Sea in the same season for the low-ice periods of 1989–1997 and 2004–2015

оооморским бассейном отсутствует, а преобладают разнонаправленные ветры, в том числе южных четвертей.

Во второй декаде 1995 г. картина практически не изменилась, лишь обширнее стал Сибирский антициклон, а над Охотским морем из-за стационарирующего циклонического вихря сохранялся неустойчивый ветровой режим (рис. 10, в). Во второй декаде 2005 г. область низкого давления была оттеснена к северу Северотихоокеанским антициклоном. Над Охотским морем в сформированной зоне градиентов образовался слабый гребень, благодаря которому над бассейном преобладал юго-западный перенос, не характерный для середины октября (рис. 10, г). Фактически подобные синоптические условия предосеннего сезона создавали препятствия для формирования устойчивого зимнего муссона в нормальные сроки, что приводило к существенному запаздыванию перестроечного процесса.

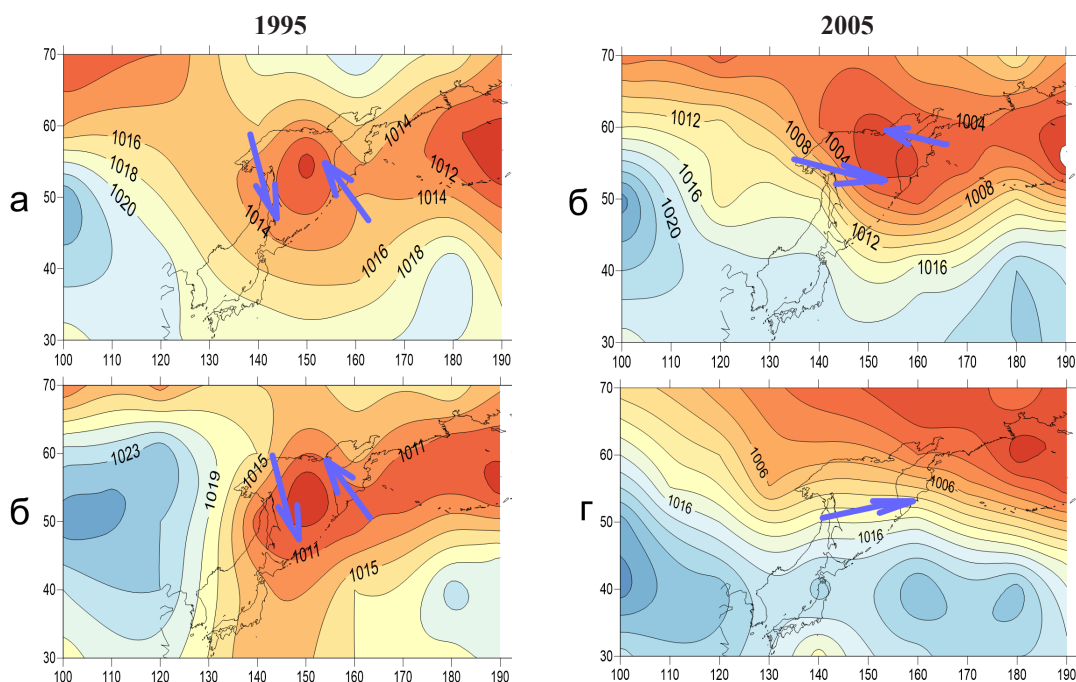


Рис. 10. Синоптические ситуации в октябре 1995 и 2005 гг. перед малоледовитыми зимами 1996 и 2006: а, б — первая декада октября (позже среднего срока на одну декаду); в, г — вторая декада октября (позже среднего срока на две декады)

Fig. 10. Synoptic situations in October 1995 and 2005 preceding the low-ice winters of 1996 and 2006: а, б — in early October (after usual timing); в, г — in middle October (after usual timing)

Закключение

Проведенный анализ позволяет сделать ряд ключевых выводов о механизмах формирования ледовитости Охотского моря. Центральную роль в образовании и развитии ледяного покрова играют два барических центра — Алеутская депрессия и Сибирский антициклон, интенсивность и взаимное положение которых в октябре-марте определяют характер переноса воздушных масс над регионом и, как следствие, термические условия, влияющие на льдообразование зимой.

Описаны синоптические условия и предпосылки для развития ледовитых и малоледовитых зим. В периоды экстремально высокой ледовитости (1977–1983 и 1998–2003 гг.) оба барических центра были максимально усилены, причем депрессия находилась в крайнем восточном положении, а у антициклона был аномально развит северный гребень, ориентированный на полярную область. При взаимодействии ЦДА над Охотским морем формируется контрастная градиентная зона, вдоль которой на акваторию поступает холодный арктический воздух, способствующий интенсивному выхолаживанию поверхности и быстрому льдообразованию. Кроме того, отличительной чертой холодных режимов является крайне редкий выход в акваторию циклонов и,

следовательно, отсутствие адвекции тепла на поверхность моря. Перестройка атмосферного режима происходит раньше среднемноголетних сроков на одну-две декады, и одновременно в полярных широтах формируется холодная область высокого давления (характерная особенность ледовитых зим).

В малоледовитые периоды (1989–1997 и 2004–2015 гг.) интенсивность обоих ЦДА была снижена, при этом Алеутская депрессия находилась юго-западнее своего среднемноголетнего положения. Как следствие, градиентная зона между атмосферными центрами была выражена слабо, а зимний муссон — малоактивен. На акваторию Охотского моря часто выходили циклоны, принося более теплые воздушные массы и способствуя развитию разнонаправленного ветрового переноса. Переход к северной (зимней) ветровой циркуляции происходил лишь в октябре (позже среднего срока); предосеннее барическое поле отличалось пониженным фоном давления в высоких широтах.

Условия для умеренной ледовитости (2016–2021 гг.) возникают при нормальном состоянии Алеутской депрессии, ослаблении северных гребней Сибирского антициклона, активном выходе циклонов на западные районы Берингова моря и поступлении в Охотское море умеренно-холодных берингоморских воздушных масс. Северный муссон устанавливается в среднемноголетние сроки (третья декада сентября).

Таким образом, сроки сезонной перестройки барических систем можно рассматривать как критический индикатор дальнейшего сценария развития ледовых условий, поскольку синоптическая ситуация в сентябре-октябре уже позволяет с достаточной степенью вероятности прогнозировать характер зимнего термического режима в Охотском море. Выявленная закономерность обладает прогностической значимостью и может быть использована в оперативной работе.

Благодарности (ANKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают благодарность рецензентам за полезные замечания.
The authors are thankful to anonymous reviewers for their helpful comments.

Финансирование работы (FUNDING)

Работа выполнена в рамках бюджетного финансирования.
The study has budget funding.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Все приемлемые национальные, институциональные и международные этические принципы соблюдены. Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

All applicable national, institutional and international ethical guidelines are implemented. The authors declare they have no conflict of interests.

Информация о вкладе авторов (AUTHORS CONTRIBUTIONS)

С.Ю. Глебова — концепция исследования, сбор, обработка, анализ и интерпретация синоптических данных, написание текста статьи; Л.С. Муктепавел — сбор данных, анализ и интерпретация динамики ледовой информации в Охотском море, участие в написании и редактировании статьи.

S.Yu. Glebova — concept of the study, meteorological data collection, processing, analysis and interpretation, writing and illustrating the text; L.S. Muktepavel — collection, analysis and interpretation of the data on ice cover, partial writing the article.

Список литературы

Анжина Г.И., Вражкин А.Н. Исследование изменений климатических норм в долгосрочном прогнозе ледовитости Охотского моря // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. — 2021. — № 3(381). — С. 99–114. DOI: 10.37162/2618-9631-2021-3-99-114. EDN: JVPARR.

Гирс А.А., Кондратович К.В. Методы долгосрочных прогнозов погоды : учеб. пособие. — Л. : Гидрометеиздат, 1978. — 344 с.

Глебова С.Ю. Влияние атмосферной циркуляции над дальневосточным регионом на характер изменения ледовитости в Охотском и Беринговом морях // Метеорол. и гидрол. — 2006. — № 12. — С. 54–60. EDN: KUNLZB.

Глебова С.Ю. Зимний циклогенез над океаном как фактор последующих изменений в атмосферном и термическом режиме дальневосточных морей и СЗТО (со сдвигом один год) // Изв. ТИНРО. — 2012. — Т. 170. — С. 136–150. EDN: PDQWMB.

Глебова С.Ю. Циклоны над Тихим океаном и дальневосточными морями в холодные и теплые сезоны и их влияние на ветровой и термический режим в последний двадцатилетний период // Изв. ТИНРО. — 2018. — Т. 193. — С. 153–166. DOI: 10.26428/1606-9919-2018-193-153-166. EDN: XWBMQN.

Глебова С.Ю., Устинова Е.И., Сорокин Ю.Д. Долгопериодные тенденции в ходе атмосферных процессов и термического режима дальневосточных морей за последний 30-летний период // Изв. ТИНРО. — 2009. — Т. 159. — С. 285–298. EDN: MNJQYP.

Куницын А.В. О количественной характеристике циклонической деятельности // Метеорол. и гидрол. — 1956. — № 6. — С. 29–30.

Мезенцева Л.И., Федулова А.С. Климатические тенденции атмосферной циркуляции на Дальнем Востоке // Изв. КГТУ. — 2017. — № 46. — С. 175–183. EDN: WPCCJY.

Муктепавел Л.С. Пространственно-временная изменчивость ледовых условий Охотского моря по данным дистанционного зондирования : дис. ... канд. геогр. наук. — Владивосток, 2007. — 112 с.

Муктепавел Л.С. Региональные особенности ледовитости в Западно-Камчатской промысловой подзоне и термобарические условия их формирования // Тр. ВНИРО. — 2020. — Т. 180. — С. 128–139. DOI: 10.36038/2307-3497-2020-180-128-139. EDN: NMYNTW.

Муктепавел Л.С., Шатилина Т.А. Некоторые закономерности формирования экстремально малоледовитых зим в Охотском море // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2009. — Т. 6, № 1. — С. 429–441. EDN: NDPXJL.

Пищальник В.М., Романюк В.А., Минервин И.Г., Батухтина А.С. Анализ динамики аномалий ледовитости Охотского моря в период с 1882 по 2015 г. // Изв. ТИНРО. — 2016. — Т. 185. — С. 228–239. DOI: 10.26428/1606-9919-2016-185-228-239. EDN: WCAHXP.

Плотников В.В. Изменчивость ледовых условий дальневосточных морей России и их прогноз : моногр. — Владивосток : Дальнаука, 2002. — 167 с.

Полякова А.М. К сверхдолгосрочному прогнозу ледовитости дальневосточных морей // Вестн. ДВО РАН. — 2012. — № 6. — С. 3–12. EDN: PWZGHJ.

Хен Г.В., Басюк Е.О., Устинова Е.И., Фигуркин А.Л. Изменчивость и современное состояние климата дальневосточных морей // Мат-лы Всерос. науч. конф. «Водные биологические ресурсы северной части Тихого океана: состояние, мониторинг, управление», посвящ. 80-летию юбилею ФГУП «КамчатНИРО». — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2012. — С. 498–508. EDN: QXMHZS.

Шатилина Т.А., Анжина Г.И. Особенности атмосферной циркуляции и климата на Дальнем Востоке в начале 21-го века // Изв. ТИНРО. — 2008. — Т. 152. — С. 225–239. EDN: JVUIFB.

Шатилина Т.А., Цициашвили Г.Ш., Радченкова Т.В. Оценка тенденций изменчивости центров действия атмосферы над Азиатско-Тихоокеанским регионом в летние периоды 1950–1979 и 1980–2012 гг. // Метеорол. и гидрол. — 2016. — № 1. — С. 17–28. EDN: VECFWF.

Шумилов И.В., Минервин И.Г., Пищальник В.М., Романюк В.А. Экспериментальная модель внутрисезонного хода ледовитости Охотского моря // Океанология. Геосистемы переходных зон. — 2024. — Т. 8, № 2. — С. 114–126. DOI: 10.30730/gtr.2024.8.2.114-126. EDN: VJIVYC.

Шумилов И.В., Пищальник В.М., Романюк В.А., Никулина И.В. Влияние циклонической деятельности на ледовый режим Охотского моря в осенне-зимний период // Океанологические исследования. — 2025. — Т. 53, № 4. — С. 98–114. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(4).6. EDN: CCTPFV.

References

Anzhina, G.I. and Vrazhkin, A.N., Studying changes in climate normal in long-term forecasting of the Sea of Okhotsk ice cover, *Gidrometeorologicheskiye issledovaniya i prognozy*, 2021, no. 3(381), pp. 99–114. doi 10.37162/2618-9631-2021-3-99-114. EDN: JVPARR

Girs, A.A. and Kondratovich, K.V., *Metody dolgosrochnykh prognozov pogody* (Methods of Long-Term Weather Forecasts), Leningrad: Gidrometeoizdat, 1978.

Glebova, S.Yu., Study of atmospheric circulation in the Far Eastern region on the nature of ice cover changes in the Okhotsk and Bering Seas, *Meteorology and Hydrology*, 2006, no. 12, pp. 54–60. EDN: KUHLZB

Glebova, S.Yu., Winter cyclogenesis over the ocean as a factor of subsequent changes in the atmospheric and thermal regime of the Far-Eastern Seas and North-West Pacific (with one year lag), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2012, vol. 170, pp. 136–150. EDN: PDQWMB

Glebova, S.Yu., Cyclones over the Pacific Ocean and Far-Eastern Seas in cold and warm seasons and their influence on wind and thermal regime in the last two decade period, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2018, vol. 193, pp. 153–166. doi 10.26428/1606-9919-2018-193-153-166. EDN: XWBMQH

Glebova, S.Yu., Ustinova, E.I., and Sorokin, Yu.D., Long-term tendencies of atmospheric processes and thermal regime in the Far-Eastern Seas of Russia in the last three decades, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2009, vol. 159, pp. 285–298. EDN: MNJQYP

Kunitsyn, A.V., On the quantitative characteristics of cyclonic activity, *Meteorol. Gidrol.*, 1956, no. 6, pp. 29–30.

Mezentseva, L.I. and Fedulova, A.S., Climatic trends of atmospheric circulation in the Far East, *Izv. KSTU*, 2017, no. 46, pp. 175–183. EDN: WPCCJY

Muktepavel, L.S., Spatio-temporal variability of ice conditions in the Sea of Okhotsk based on remote sensing data, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Geogr.) Dissertation*, Vladivostok, 2007.

Muktepavel, L.S., Regional features of ice cover in the West Kamchatka fishing subzone with considering of the thermobaric conditions (according to the satellite data), *Tr. Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2020, vol. 180, pp. 128–139. doi 10.36038/2307-3497-2020-180-128-139. EDN: NMYHTW

Muktepavel, L.S. and Shatilina, T.A., Some patterns of formation of extremely low-ice winters in the Sea of Okhotsk, *Sovrem. Probl. Distantionnogo Zondirovaniya Zemli Kosmosa*, 2009, vol. 6, no. 1, pp. 429–441. EDN: NDPXJL

Pishchalnik, V.M., Romanyuk, V.A., Minervin, I.G., and Batuhina, A.S., Analysis of dynamics for anomalies of the ice cover in the Okhotsk Sea in the period from 1882 to 2015, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2016, vol. 185, pp. 228–239, doi 10.26428/1606-9919-2016-185-228-239. EDN: WCAHXP

Plotnikov, V.V., *Izmenchivost' ledovykh uslovii dal'nevostochnykh morei Rossii i ikh prognoz* (Variability of Ice Conditions in the Far Eastern Seas of Russia and Prediction of Them), Vladivostok: Dal'nauka, 2002.

Polyakova, A.M., On superlong-term forecasts of the Far East seas ice extent, *Vestn. Dal'nevost. Otd. Ross. Akad. Nauk*, 2012, no. 6, pp. 3–12. EDN: PWZGHJ

Khen, G.V., Basyuk, E.O., Ustinova, E.I., and Figurkin, A.L., Variability and current state of the climate of the Far Eastern seas, in *Mater. Vseross. nauchn. konf. posvyashch. 80-letnemu yubileyu FGUP "KamchatNIRO" "Vodnye biologicheskie resursy severnoi chasti Tikhogo okeana: sostoyanie, monitoring, upravlenie"* (Proc. All-Russ. Sci. Conf. Commem. 80th Aniv. FGUP KamchatNIRO "Aquatic Biological Resources of the Northern Pacific Ocean: Status, Monitoring, and Management"), Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2012, pp. 498–508. EDN: QXMHZS

Shatilina, T.A. and Anzhina, G.I., Features of atmospheric circulation and climate in the Far East in the beginning of 21 century, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2008, vol. 152, pp. 225–239. EDN: JVUIFB

Shatilina, T.A., Tsitsiashvili, G.Sh., and Radchenkova, T.V., Estimating the trends and variability of atmospheric action centers over the Asian-Pacific region in summer in 1950–1979 and 1980–2012, *Russ. Meteorol. Hydrol.*, 2016, vol. 41, no. 1, pp. 10–18. doi 10.3103/S1068373916010027. EDN: WQFBEV

Shumilov, I.V., Minervin, I.G., Pishchalnik, V.M., and Romanyuk, V.A., Experimental model of intraseasonal variability of ice area in the Sea of Okhotsk, *Geosistemy pereloma nykh zon. Geosystems of Transition Zones*, 2024, vol. 8, no. 2, pp. 114–126. doi 10.30730/ gtr.2024.8.2.114-126. EDN: VJIVYC

Shumilov, I.V., Pishchalnik, V.M., Romanyuk, V.A., and Nikulina, I.V., Cyclonic activity influence on the ice regime of the Sea of Okhotsk in the autumn-winter period, *Journal of Oceanological Research*, 2025, vol. 53, no. 4, pp. 98–114. doi 10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(4).6. EDN: CCTPFV

Поступила в редакцию 30.04.2026 г.

После доработки 1.06.2026 г.

Принята к публикации 15.06.2026 г.

The article was submitted 30.04.2026; approved after reviewing 1.06.2026;
accepted for publication 15.06.2026

Научная статья

УДК 581.526.325(265.53)

DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-365-375

EDN: TBHSGH

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА БИОМАССЫ ФИТОПЛАНКТОНА
ПРИБРЕЖЬЯ ОХОТСКОГО МОРЯ У ЮГО-ВОСТОЧНОГО САХАЛИНА

И.В. Мотылькова, Н.В. Коновалова*

Сахалинский филиал ВНИРО (СахНИРО),
693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 196

Аннотация. На основе материала, собранного в 2019–2022 гг. на четырех полигонах морского побережья вблизи нерестовых рек юго-восточного Сахалина, проанализирована сезонная динамика биомассы фитопланктона. Показано, что в безледный период основу биомассы (93 %) формируют диатомовые и динофитовые водоросли. Наибольшее развитие диатомовых наблюдается в весенний и осенний периоды, динофитовых — в летний. За весь период исследований биомасса по станциям изменялась от 4,7 до 26058,1 мг/м³, что отражает высокую пространственную неоднородность, обусловленную сложными гидрологическими условиями (речной сток, ветровое перемешивание). Выделено несколько подъемов биомассы — весеннего, летнего и осеннего сезонов. Зарегистрировано максимальное развитие следующих видов: *Alexandrium* cf. *tamarense* (1359 мг/м³ в июне 2019 г., 3185 мг/м³ в июне 2020 г.), *Dactyliosolen fragilissimus* (241 мг/м³ в сентябре 2021 г.), *Guinardia delicatula* (924 мг/м³ осенью 2019 г., 170 мг/м³ осенью 2020 г.), *G. striata* (672 мг/м³ осенью 2021 г., 1818 мг/м³ осенью 2022 г.), *Kryptoperidinium triquetrum* (1855 мг/м³ в июне 2019 г., 4756 мг/м³ в июне 2022 г.), *Leptocylindrus danicus* (1442 мг/м³ в июле 2022 г.), *Noctiluca scintillans* (2883 мг/м³ в июле 2022 г.), *Rhizosolenia hebetata* (2253 мг/м³ в июне 2022 г.), *Sundstroemia setigera* (4000 и 900 мг/м³ в мае и сентябре 2020 г.), *Thalassiosira nordenskioeldii* (491 мг/м³ в мае 2020 г. и 25131 мг/м³ в мае 2021 г.). Во все годы наблюдалось осеннее увеличение биомассы, указывающее на локальную специфику прибрежных вод юго-восточного Сахалина.

Ключевые слова: микроводоросли, диатомовые, динофитовые, Охотское море, Сахалин

Для цитирования: Мотылькова И.В., Коновалова Н.В. Сезонная динамика биомассы фитопланктона побережья Охотского моря у юго-восточного Сахалина // Изв. ТИНРО. — 2026. — Т. 206, вып. 2. — С. 365–375. DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-365-375. EDN: TBHSGH.

* Мотылькова Ирина Викторовна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, surirella@mail.ru, ORCID 0000-0003-2449-4933; Коновалова Наталья Владимировна, старший специалист, odontella@mail.ru, ORCID 0009-0005-9561-587X.

© Мотылькова И.В., Коновалова Н.В., 2026

Seasonal dynamics of phytoplankton biomass in the coastal waters of Okhotsk Sea at southeastern Sakhalin

Irina V. Motylkova*, Natalia V. Konovalova**

*, ** Sakhalin branch of VNIRO (SakhNIRO),

196, Komsomolskaya Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia

* Ph.D., leading researcher, surirella@mail.ru, ORCID 0000-0003-2449-4933

** senior specialist, odontella@mail.ru, ORCID 0009-0005-9561-587X

Abstract. Seasonal dynamics of phytoplankton biomass is analyzed on the base of phytoplankton samples collected within monitored 4 polygons located near the mouths of spawning rivers at southeastern Sakhalin in May–October of 2019–2022. During the surveys, the water temperature ranged from -1.55 to 22.50 °C and salinity — from 11.8 to 32.8 psu that reflected strong freshwater influence. The phytoplankton biomass at certain stations ranged from 4.7 to 26058.1 mg/m³ indicating high spatial heterogeneity driven by local hydrodynamics. Three distinct biomass pulses were observed in spring, summer, and autumn. In 2019 when the Dolinka mouth was surveyed, the peaks of biomass dynamics occurred in May–June (with domination of *Alexandrium* cf. *tamarense* and *Kryptoperidinium triquetrum*) and October. In 2020 at the Dudinka mouth, the peaks were recorded in May (*Sundstroemia setigera*), June (*A.* cf. *tamarense* with the biomass up to 3.2 g/m³), and September. In 2021 at the Manuy mouth, two peaks were observed in May and September; the former bloom was formed under water temperature at the bottom of -0.9 °C by *Thalassiosira nordenskioeldii* with the biomass up to 25.1 g/m³ — the first record of such high biomass in shallow coastal waters of the Okhotsk Sea. In 2022 at the Gornaya mouth, the succeeding peaks appeared in June (*K. triquetrum* and *Rhizosolenia hebetata*), July (*Leptocylindrus danicus* and *Noctiluca scintillans*), August (*Coscinodiscus asteromphalus*), and October (*Guinardia striata* and *Thalassionema frauenfeldii*). Dominant species in spring changed with temperature: *T. nordenskioeldii* and *R. hebetata* dominated in the years with cold spring (below 4 °C) but *S. setigera* dominated in warmer years (above 5 °C). The autumn peaks of biomass were observed in all years. This phenomenon contradicts with typical succession of phytoplankton on the shelf of Okhotsk Sea where an autumn peak is not usual, that reflects local specificity of pre-estuarine areas where the river runoff, wind and tidal mixing, and upwelling provide additional abilities for diatoms development. Among dinoflagellates, *A.* cf. *tamarense* reached high biomass under stable thermal conditions (~ 8 °C), whereas *K. triquetrum* dominated under windy and colder conditions. However, both species were rare at the Manuy mouth (in 2021), possibly because of rocky substrates unfavorable for the dinoflagellate cysts accumulation.

Keywords: microalga, diatom, dinoflagellate, Okhotsk Sea, Sakhalin

For citation: Motylkova I.V., Konovalova N.V. Seasonal dynamics of phytoplankton biomass in the coastal waters of Okhotsk Sea at southeastern Sakhalin, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2026, vol. 206, no. 2, pp. 365–375. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-365-375. EDN: TBHSGH.

Введение

Фитопланктон является основой пищевых сетей большинства водных экосистем. Поэтому любые изменения его характеристик под влиянием внешних факторов отражаются на продукции более высоких трофических уровней [Chust et al., 2014]. Прибрежные экосистемы морей наиболее подвержены интенсивному антропогенному воздействию [Патин, 2015], нередко усугубляемому резкой климатической изменчивостью [Paczkowska et al., 2020]. К числу таких уязвимых районов относятся акватории вблизи впадения нерестовых рек.

Несмотря на высокую значимость этих зон для воспроизводства и нагула многих промысловых рыб, их фитопланктонные комплексы остаются малоизученными. Имеющиеся сведения ограничены либо отдельными сезонами [Киселев, 1959; Рура, 1985; Федотова, Колганова, 1987; Колганова, 1990], либо локальными участками [Могильникова и др., 2017; Мотылькова, Коновалова, 2024; Мотылькова и др., 2024]. Ранее был выявлен видовой со-

став и дана эколого-географическая характеристика фитопланктона морского побережья юго-восточного Сахалина [Мотылькова, Коновалова, 2025]. Настоящая работа является продолжением этого исследования и посвящена изучению сезонной динамике биомассы в морском побережье юго-восточного Сахалина по данным 2019–2022 гг.

Цель работы — охарактеризовать сезонную динамику биомассы прибрежного фитопланктона Охотского моря юго-восточного Сахалина, оценить диапазон ее изменчивости и выявить общие тенденции, проявляющиеся в разные годы.

Материалы и методы

Материалом для настоящей работы послужили количественные пробы фитопланктона, собранные в безледный период (с мая по октябрь) с борта моторной лодки на четырех локальных полигонах морского побережья в пределах изобат 0–20 м, вблизи впадения нерестовых рек Долинка, Дудинка, Мануй, Горная. В районе р. Долинка пробы отбирали в 2019 г., Дудинка — 2020 г., Мануй — 2021 г., Горная — 2022 г.

С мая по июнь съемки проводили еженедельно, в июле — два раза в месяц, с августа по октябрь — один раз в месяц. Схема станций на каждом полигоне включала два разреза, расположенных по обе стороны от устья. Кроме того, раз в сезон для более точного отражения количественных характеристик фитопланктона был проведен сбор материала на двух дополнительных, удаленных к северу и югу разрезах (исключение составлял район р. Горной).

Станции во все периоды были расположены на литорали (0 м) и изобатах 5, 10 и 20 м (рис. 1). Пробы отбирали с поверхностного, промежуточного (5 м) и придонного горизонтов. Всего было собрано и проанализировано 874 пробы фитопланктона.

На каждой станции производили измерения температуры, солености и содержания кислорода многопараметрическим зондом YSI-85 от поверхности до дна с дискретностью 1 м.

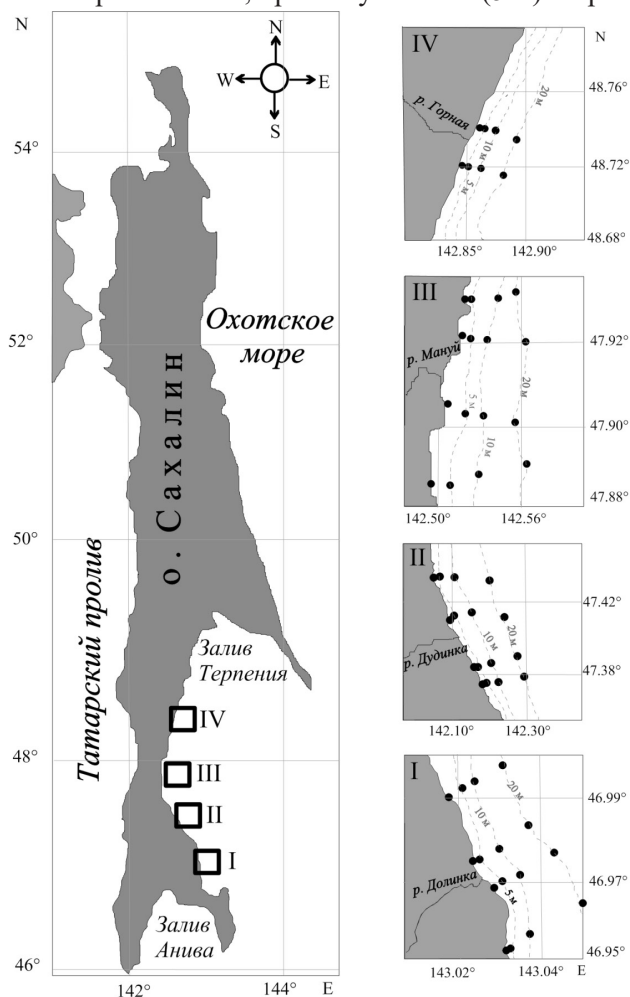


Рис. 1. Карта-схема района исследований. Римскими цифрами обозначены морские полигоны в районах рек: I — Долинка, II — Дудинка, III — Мануй, IV — Горная

Fig. 1. Scheme of the study area. Roman numerals denote monitoring polygons at the mouths of the rivers: I — Dolinka, II — Dudinka, III — Manuy, IV — Gornaya

Пробы фитопланктона фиксировали раствором Утермеля, концентрировали методом обратной фильтрации через нуклеопоровые лавсановые фильтры с диаметром пор 3 мкм. Морфологию микроводорослей изучали с помощью светового микроскопа Leica DM LS2 (Leica Microsystems, Wetzlar, Германия) с увеличением до $\times 640$. Клетки всех найденных в пробе микроводорослей учитывали в камере Наботта объемом 0,05 мл. Биомассу определяли счетно-объемным методом [Радченко и др., 2010]. Среднедекадные значения биомассы получали путем усреднения данных по станциям со всех горизонтов. К видам, формирующим доминантный комплекс, относили такие, биомасса которых составляла $\geq 20\%$ от общей [Коновалова, 1984].

Результаты и их обсуждение

В период наблюдений 2019–2022 гг. абсолютные значения температуры воды на всех полигонах изменялись от $-1,6$ до $22,5$ °C, средние за декаду — от $1,9$ до $17,2$ °C. Сезонный ход средних значений этого параметра был схож на всех участках: минимум приходился на середину мая, максимум — на конец июля — август. На общем фоне выделялся полигон в районе р. Горной, где 20–24 августа 2022 г. после прохождения циклона было зафиксировано снижение средней температуры до $7,8$ °C против $15,3$ °C в июле (рис. 2). В летние месяцы наблюдались значительные различия температуры между поверхностным и придонным слоем. Даже в самые теплые месяцы (июль–август) в придонных слоях на изобатах 10–20 м она опускалась до $2,2$ – $3,7$ °C. Осенью отмечалось выравнивание температуры по глубинам.

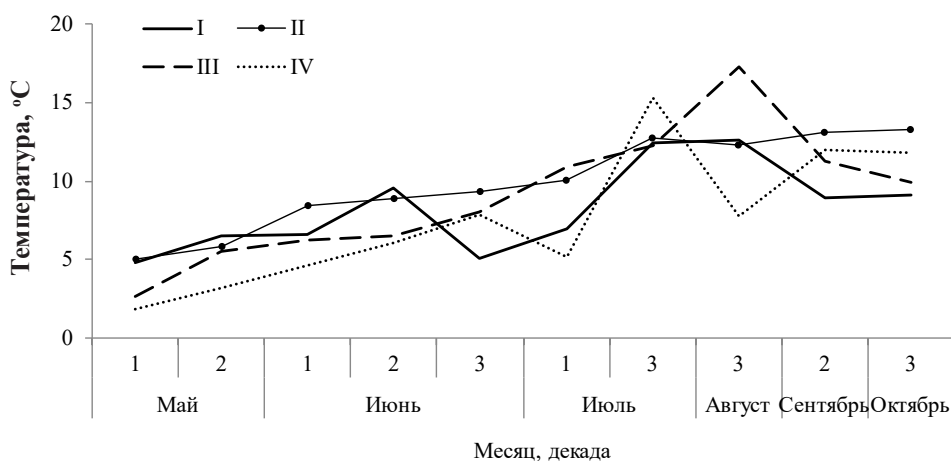


Рис. 2. Сезонная динамика средней температуры воды на морских полигонах в прибрежной зоне юго-восточного Сахалина: I — Долинка (2019 г.), II — Дудинка (2020 г.), III — Мануй (2021 г.), IV — Горная (2022 г.)

Fig. 2. Seasonal dynamics of water temperature averaged within the polygons located near the river mouths at southeastern Sakhalin: I — Dolinka (2019), II — Dudinka (2020), III — Manuy (2021), IV — Gornaya (2022)

Соленость воды варьировала от 11,8 psu (у уреза воды в период паводка) до 32,8 psu (в придонных слоях на мористых участках). Диапазон изменчивости солености в районе р. Долинка составил 16,3–32,6 psu, р. Дудинка — 20,4–31,2, р. Мануй — 13,9–31,6, р. Горная — 11,8–32,8 psu. Наибольшая опресненность отмечена в 2022 г. в районе р. Горной, наименьшая — в 2019 г. в районе р. Долинка. Зарегистрированная изменчивость солености согласуется с данными о локальных динамических образованиях в местах пресноводного стока [Пак и др., 2017; Шевченко и др., 2021].

Основу биомассы фитопланктона в безледный период на всех полигонах формировали диатомовые и динофитовые водоросли. Доля прочих групп (зеленых, золотистых,

криптофитовых, эвгленовых водорослей и цианобактерий) в среднем не превышала 5 % общей биомассы. Соотношение ведущих групп существенно варьировало в зависимости от года и района наблюдений (см. таблицу). Диатомовые наибольшего вклада достигали в мае (98 %, р. Мануй), сентябре (95 %, р. Мануй) и октябре (91 %, р. Горная), динофлагелляты — в июне (94 %, р. Долинка), июле (81 %, р. Долинка) и августе (65 %, р. Дудинка).

Относительная средневегетационная биомасса основных групп фитопланктона на разных участках исследования, %

Percentage of mean seasonal biomass for major phytoplankton groups, by areas, %

Группа	Год, река			
	2019, Долинка	2020, Долинка	2021, Мануй	2022, Горная
Диатомовые водоросли	26	48	90	74
Динофитовые водоросли	67	49	8	24
Прочие	7	3	2	2

В 2019 г. в районе р. Долинка биомасса по станциям за весь период исследований варьировала в диапазоне 19,8–2941,5 мг/м³. В ее динамике прослеживалось три подъема — в мае, июне и октябре (рис. 3). Наиболее выраженным был июньский пик (967,4 ± 214,5 мг/м³), основу которого формировали динофлагелляты *Alexandrium* cf. *tamarense* и *Kryptoperidinium triquetrum*. Скопления этих водорослей (соответственно 1359 и 1855 мг/м³) были приурочены к мелководному побережью, где температура составляла 9,6 °C, соленость — 31,3 psu. Майский подъем (215,4 ± 35,4 мг/м³) определял вид *Thalassiosira nordenskiöldii*, октябрьский (447,6 ± 38,2 мг/м³) — *Guinardia delicatula*. Наибольшего развития *T. nordenskiöldii* (491 мг/м³) достигал на мористых станциях в придонном слое при температуре воды 4,05 °C и солености 31,7 psu, *G. delicatula* (924 мг/м³) — у поверхности воды в пределах изобат 10–20 м.

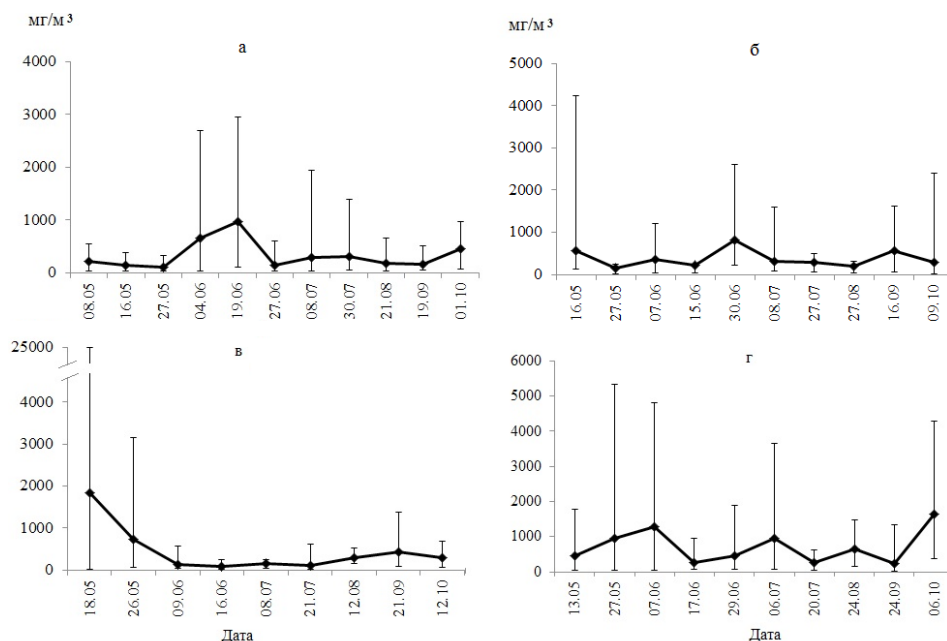


Рис. 3. Сезонная динамика биомассы фитопланктона морского побережья в районах рек: а — Долинка (2019 г.), б — Дудинка (2020 г.), в — Мануй (2021 г.), г — Горная (2022 г.). Ломаная линия — средние значения биомассы по полигону; горизонтальные линии — минимальные и максимальные значения биомассы по станциям

Fig. 3. Seasonal dynamics of phytoplankton biomass averaged within the monitoring polygons at the river mouths: а — Dolinka (2019), б — Dudinka (2020), в — Manuy (2021), г — Gornaya (2022). The lowest and highest values are shown for each area

В 2020 г. в районе р. Дудинка биомасса по станциям изменялась от 16,8 до 4795,0 мг/м³. На данном участке, как и в районе р. Долинка, было выделено три пика — в мае, июне и сентябре (рис. 3, б). Максимум биомассы, зарегистрированный в третьей декаде июня ($823,9 \pm 205,5$ мг/м³), был связан с интенсивным развитием *A. cf. tamarense*. Последний концентрировался (3185 мг/м³) у поверхности воды на мористых станциях при температуре 11,7 °С и солёности 28,9 psu. В формировании весеннего пика ($563,0 \pm 152,4$ мг/м³), наблюдавшемся при температуре 5,1 °С, огромную роль играл *Sundstroemia setigera*. Биомасса этого вида в мелководном прибрежье была не менее 4000 мг/м³, а на мористых станциях у поверхности воды — 2000 мг/м³. Осеннее увеличение биомассы ($553,2 \pm 131,9$ мг/м³) обуславливали *G. delicatula* (до 170 мг/м³ в литорали) и *S. setigera* (900 мг/м³ в придонном слое на глубине 10 м).

В 2021 г. в районе р. Мануй предельные величины биомассы составляли 4,7–26058,1 мг/м³; здесь прослеживалось два пика — в мае и сентябре (рис. 3). Майский максимум ($1806,0 \pm 930,4$ мг/м³) был вызван активной вегетацией *T. nordenskiöldii*. Обильного развития (до 25131 мг/м³) вид достигал в придонном слое на глубине 20 м, при температуре воды –0,9 °С и солёности 31,6 psu. Осенний пик ($432,20 \pm 82,34$ мг/м³), зарегистрированный при температуре воды 11,3 °С, определяли *Dactyliosolen fragilissimus* (до 241,2 мг/м³) и *Guinardia striata* (672,0 мг/м³).

В 2022 г. в районе р. Горной биомасса колебалась от 21,7 до 4812,7 мг/м³. Ее подъёмы были зафиксированы в июне, июле, августе и октябре (рис. 3). Самым мощным оказался октябрьский пик ($1651,96 \pm 237,68$ мг/м³), который достигался за счет *G. striata* и *Thalassionema frauenfeldii*. Максимальная биомасса указанных видов составляла соответственно 1818,4 и 1001,9 мг/м³. Июньский пик ($1286,3 \pm 413,5$ мг/м³), наблюдаемый при температуре 4,6 °С и солёности 30,9 psu, был обусловлен массовым развитием *K. triquetrum* (до 4756 мг/м³ в поверхностном слое мористой зоны) и *Rhizosolenia hebetata* (до 2253 мг/м³ в придонном слое на глубине 10 м). Июльский подъём ($946,0 \pm 258,8$ мг/м³) формировали *Leptocylindrus danicus* (до 1442 мг/м³), *Noctiluca scintillans* (до 2883 мг/м³). Небольшое увеличение биомассы в августе ($660,10 \pm 101,48$ мг/м³) было связано с развитием *Coscinodiscus asteromphalus*.

Высокая изменчивость биомассы, зарегистрированная нами в период наблюдений (от 19,8 до 2941,5 мг/м³ на полигоне р. Долинка, от 16,8 до 4795,0 мг/м³ — р. Дудинка, от 4,7 до 26058,1 мг/м³ — р. Мануй, от 21,7 до 4812,7 мг/м³ — р. Горная) свидетельствует о пространственной неоднородности распределения фитопланктона, обусловленной сложными гидрологическими условиями (речной сток, сезонные вариации течений, апвеллинги, даунвеллинги, волновое перемешивание) [Пак и др., 2017; Шевченко Г.В. и др., 2020, 2021].

Общей чертой для всех полигонов являлось доминирование диатомовых водорослей в весенний и осенний периоды, что характерно для морей умеренной зоны [Шунтов, 2001; Макаревич, 2022]. Но состав доминирующих видов весной на отдельных полигонах был различен и обусловлен температурными условиями и ветровой активностью. При температуре воды ниже 4 °С, доминировали *T. nordenskiöldii* и *R. hebetata*, выше 5 °С — *S. setigera*.

Особый интерес представляет обнаружение высоких концентраций *T. nordenskiöldii* в мае 2021 г. Данный вид считается типичным массовым представителем весеннего прибрежного фитопланктона субарктических и умеренных морей [Смирнова, 1959; Kristiansen et al., 2001; Шевченко О.Г. и др., 2020; Nosaka, Suzuki, 2020]. В Охотском море высокие биомассы *T. nordenskiöldii* (до 35 г/м³) ранее отмечались в весенний период, однако они были приурочены к свалу глубин в районе зал. Терпения [Захарков и др., 2007]. В мелководном прибрежье биомасса *T. nordenskiöldii*, достигающая 25 г/м³, зарегистрирована нами впервые.

Согласно литературным данным, по мере повышения температуры до 5 °С в шельфовых водах Охотского моря преобладают виды рода *Chaetoceros* [Смирнова, 1959; Захарков и др., 2001]. Вопреки этим наблюдениям, в период наших исследований виды этого рода были малочисленными и не входили в число доминирующих.

Среди наиболее заметных особенностей структуры фитопланктона в 2019–2022 гг. выделялось массовое развитие потенциально токсичного *A. cf. tamarense* и вредоносного *K. triquetrum* в начале лета. Эти виды являются обитателями планктона умеренных вод и часто развиваются совместно в весенне-летний период [Akselman, 1996; Lee, Lim, 2006]. В наши годы наблюдений их количественное соотношение было непостоянным. Так, в июне 2020 г., отличавшемся стабильным термическим режимом (8 °C в течение трех недель) [Шевченко и др., 2021], абсолютное доминирование переходило к *A. cf. tamarense*. При менее спокойной метеорологической обстановке в 2019 и 2022 гг., с частыми ветрами южных румбов со скоростью более 7–9 м/с, массово развивался *K. triquetrum*. Исключением являлся район р. Мануй, где оба вида встречались редко при низких показателях биомассы (26 мг/м³ — *A. cf. tamarense*, 186 мг/м³ — *K. triquetrum*). Возможно, это связано не только с пониженной температурой воды в тот год, но и с преобладанием скалисто-каменистых грунтов, менее благоприятных для накопления цист динофлагеллят.

Характерной чертой наблюдаемой нами сезонной динамики во все годы исследований являлось наличие осенних пиков биомассы. Отмеченные подъемы сопровождались выравниванием температуры по глубине, что создавало благоприятные условия для развития диатомей в перемешанном слое воды. Из всех лет наблюдений заметно выделялся 2022 г.: помимо выраженного осеннего пика, среднедекадная биомасса в 70 % случаев от общего числа наблюдений превышала 450 мг/м³, тогда как в остальные годы на других полигонах держалась на уровне 100–300 мг/м³. По-видимому, это связано с влиянием вод р. Поронай, опресненный сток которых, распространяясь вдоль побережья, обеспечивал повышенное поступление биогенных элементов на северном полигоне.

В 2022 г. выраженный осенний пик дополнительно усиливался осенней активизацией Восточно-Сахалинского течения, способствовавшей адвекции поронайских вод в приустьевую зону р. Горной [Шевченко Г.В. и др., 2020]. Согласно классическим представлениям о сезонной динамике фитопланктона открытых и шельфовых зон Охотского моря [Смирнова, 1959; Горбатенко, 2022], осенний подъем биомассы не выделяется. Пики биомассы в наших исследованиях отражают локальную специфику мелководных прибрежных акваторий юго-восточного Сахалина, где гидрологические условия (речной сток, ветровое перемешивание, апвеллинги) создают дополнительный импульс для развития диатомовых водорослей в сентябре-октябре.

Заключение

Прибрежный фитопланктон Охотского моря юго-восточного Сахалина характеризовался высокой пространственно-временной изменчивостью биомассы, значения которой варьировали от 4,7 до 26058,1 мг/м³. Колебания биомассы в большей степени определялись высокой гидродинамической активностью, чем собственно сезонными факторами.

Основу биомассы во все годы наблюдений формировали диатомовые и динофитовые водоросли, причем доминирование диатомовых отмечалось в весенний и осенний периоды, а динофитовых — в летний.

В безледный период выделено несколько подъемов биомассы — весенний, летний и осенний. Осенние пики, зафиксированные во все годы исследований, не соответствующим классическим представлениям о сезонной динамике фитопланктона шельфовых и открытых зон Охотского моря и указывают на локальную специфику прибрежных морских акваторий юго-восточного Сахалина.

В ходе исследований зарегистрированы высокие концентрации отдельных видов: *Thalassiosira nordenskioldii* (до 25,1 г/м³), *Kryptoperidinium triquetrum* (до 4,7 г/м³), *Sundstroemia setigera* (до 4,0 г/м³) и *Alexandrium cf. tamarense* (до 3,1 г/м³). Массовое развитие *T. nordenskioldii* наблюдалось в мае в холодных водах придонного слоя,

S. setigera — в мае в прибрежных наиболее прогретых водах, *A. cf. tamarense* — в июне при стабильной температуре воды, *K. triquetrum* — также в июне, но при частом ветровом перемешивании.

Благодарности (ACKNOWLEDGMENTS)

Авторы выражают искреннюю признательность и благодарность всем сотрудникам СахНИРО, оказавшим неоценимую помощь в сборе материала в сложных условиях побережья юго-восточного Сахалина.

Авторы благодарны рецензентам за внимательное прочтение рукописи и ценные замечания.

The authors are grateful to all colleagues in SakhNIRO for their invaluable assistance in collecting the materials for the study under harsh conditions of the coastal waters at south-eastern Sakhalin. Thanks to anonymous reviewers for their thorough review of the manuscript and constructive comments.

Финансирование (FUNDING)

Работа проведена в рамках Государственного задания на выполнение НИОКР ФГБНУ «СахНИРО» на 2019–2022 гг.

The study was conducted within the framework of the State assignment for SakhNIRO in 2019–2022.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Настоящая статья не содержит описания каких-либо исследований с использованием людей и животных в качестве объекта.

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

This article does not describe any research involving humans or animals.

The authors declare that they have no conflict of interest.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

И.В. Мотылькова — обработка проб фитопланктона, написание статьи и подготовка иллюстративных материалов; Н.В. Коновалова — обработка проб фитопланктона, участие в обсуждении проекта рукописи.

I.V. Motylkova processed phytoplankton samples and wrote and illustrated the text; N.V. Konovalova processed phytoplankton samples; the results of the study were discussed by both authors jointly.

Список литературы

Горбатенко К.М. Трофодинамика гидробионтов в Охотском море : моногр. — Владивосток : ТИНРО, 2022. — 326 с.

Захарков С.П., Орлова Т.Ю., Ванин Н.С., Штрайхерт Е.А. Пигментный и видовой состав фитопланктона на северо-востоке Охотского моря в марте-апреле 1998 г. // Океанол. — 2001. — Т. 41, № 5. — С. 711–718.

Захарков С.П., Селина М.С., Ванин Н.С. и др. Характеристики фитопланктона и гидрологические условия западной части Охотского моря весной 1999 и 2000 гг. по судовым и спутниковым данным // Океанол. — 2007. — Т. 47, № 4. — С. 559–570. EDN: IAQSOD.

Киселев И.А. Качественный и количественный состав фитопланктона и его распределение в водах у Южного Сахалина и южных Курильских островов // Исслед. дальневост. морей СССР. — 1959. — Вып. 6. — С. 58–77.

Колганова Т.Н. Фитопланктон залива Терпения в ноябре 1984 г. // Экологические основы рационального природопользования на Сахалине и Курильских островах : тез. докл. IV науч.-практ. конф. — Южно-Сахалинск : ИМГиГ ДВО АН СССР, 1990. — С. 187–189.

Коновалова Г.В. Структура планктонного фитоценоза залива Восток Японского моря // Биол. моря. — 1984. — Т. 10, № 1. — С. 13–23.

- Макаревич П.Р.** Пелагические фитоценозы Азовского моря // Наука Юга России. — 2022. — Т. 18, № 4. — С. 97–107. — DOI: 10.7868/S25000640220410.
- Могильникова Т.А., Никулина Т.В., Коренева Т.Г. и др.** Фитопланктон и химические показатели прибрежных вод юго-западного и южного Сахалина (Татарский пролив, залив Анива) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. — Владивосток : Дальнаука, 2017. — Вып. 7. — С. 151–167.
- Мотылькова И.В., Коновалова Н.В.** Видовой состав фитопланктона прибрежных мелководий Охотского моря у юго-восточного Сахалина // Тр. СахНИРО. — 2025. — Т. 21. — С. 230–263. EDN: UEGUCL.
- Мотылькова И.В., Коновалова Н.В.** Структура фитопланктона прибрежных вод восточной части зал. Анива Охотского моря в 2018 г. // Изв. ТИНРО. — 2024. — Т. 204, № 2. — С. 433–443. DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-433-443. EDN: KUANKS.
- Мотылькова И.В., Коновалова Н.В., Корнеев Е.С.** Структура и динамика биомассы фитопланктона прибрежной зоны юго-восточного Сахалина в приустьевой акватории р. Долинка в безледный период 2019 г. // Тр. СахНИРО. — 2024. — Т. 20. — С. 170–187. EDN: GRWEHL.
- Пак Е.А., Хапов Д.С., Дубина В.А.** Мезомасштабные абиотические факторы в прибрежных экосистемах залива Терпения (Охотское море) // Науч. тр. Дальрыбвтуза. — 2017. — Т. 40, № 1. — С. 17–21. EDN: YHRMRH.
- Патин С.А.** Антропогенное воздействие на морские экосистемы и биоресурсы: источники, последствия, проблемы // Тр. ВНИРО. — 2015. — Т. 154. — С. 85–104. EDN: UADJWP.
- Радченко И.Г., Капков В.И., Федоров В.Д.** Практическое руководство по сбору и анализу проб морского фитопланктона. — М. : Мордвинцев, 2010. — 60 с.
- Рура А.Д.** Фитопланктон прибрежных вод южного Сахалина // Биоценозы и фауна шельфа южного Сахалина. — Л. : Наука, 1985. — С. 69–71. (Исслед. фауны морей; Т. 30(38).)
- Смирнова Л.И.** Фитопланктон Охотского моря и Прикурильского района // Биологические исследования моря (планктон) : Тр. Ин-та океанологии АН СССР. — 1959. — Т. 30. — С. 3–51.
- Федотова Н.А., Колганова Т.Н.** Характеристика планктона вод Татарского пролива и юго-восточного Сахалина весной 1985–1986 гг. // Итоги исследований по вопросам рационального использования и охраны водных, земельных и биологических ресурсов Сахалина и Курильских островов : тез. докл. III науч.-практ. конф. — Южно-Сахалинск, 1987. — С. 126–127.
- Шевченко Г.В., Цхай Ж.Р., Частиков В.Н.** Океанологические условия на юго-восточном шельфе о. Сахалин по данным съемок на стандартных разрезах и спутниковых наблюдений // Океанологические исследования. — 2020. — Т. 48, № 2. — С. 51–68. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2020.48(2).4. EDN: FBQQXQ.
- Шевченко Г.В., Частиков В.Н., Полупанов П.В.** Океанологические исследования при оценке приемной емкости прибрежных акваторий в районах устьев нерестовых рек юго-восточного побережья о. Сахалин // Тр. СахНИРО. — 2021. — Т. 17. — С. 132–147. EDN: MICCJH.
- Шевченко О.Г., Шульгина М.А., Шулькин В.М., Тевс К.О.** Многолетняя динамика и морфология диатомовой водоросли *Thalassiosira nordenskioeldii* Cleve, 1873 (Bacillariophyta) в прибрежных водах залива Петра Великого Японского моря // Биол. моря. — 2020. — Т. 46, № 4. — С. 277–284. DOI: 10.31857/S0134347520040063. EDN: ZNQBCV.
- Шунтов В.П.** Биология дальневосточных морей России : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2001. — Т. 1. — 580 с.
- Akselman R.** Ecological studies in San Jorge Gulf and adjacent waters (Southwestern Atlantic): distribution, abundance and seasonal variability of phytoplankton in relation to physicochemical factors and hydrological dynamics: Doctoral (Biol.) Dissertation. — Buenos Aires : University of Buenos Aires, 1996 (In Spanish). — 285 p. URL: https://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n2857_Akselman.
- Chust G., Allen J.I., Bopp L. et al.** Biomass changes and trophic amplification of plankton in a warmer ocean // Global Change Biology. — 2014. — Vol. 20, № 7. — P. 2124–2139. DOI: 10.1111/gcb.12562.
- Kristiansen S., Farbrot T., Naustvoll L.-J.** Spring bloom nutrient dynamics in the Oslofjord // Mar. Ecol. Prog. Ser. — 2001. — Vol. 219. — P. 41–49. DOI: 10.3354/meps219041.
- Lee C., Lim W.** Variation of Harmful Algal Blooms in Masan-Chinhae Bay // ScienceAsia. — 2006. — Vol. 32, Suppl. 1. — P. 51–56. DOI: 10.2306/scienceasia1513-1874.2006.32(s1).051.
- Nosaka Y., Suzuki K.** Effects of temperature, light and iron availability on photosynthetic capacity in the diatoms *Chaetoceros debilis* and *Thalassiosira nordenskioeldii* dominated in the northwestern subarctic Pacific // Bull. Plank. Soc. Japan. — 2020. — Vol. 67, № 1. — P. 1–18. DOI: 10.24763/bpsj.67.1_1.

Paczkowska J., Brugel S., Rowe O. et al. Response of coastal phytoplankton to high inflows of terrestrial matter // *Front. Mar. Sci.* — 2020. — Vol. 7. — P. 80. DOI: 10.3389/fmars.2020.00080.

References

Gorbatenko, K.M., *Trofodinamika gidrobiontov v Okhrotskom more* (Trophodynamics of hydrobionts in the Sea of Okhrota), Vladivostok: TINRO, 2022.

Zakharkov, S.P., Orlova, T.Yu., Vanin, N.S., and Shtraikhert, E.A., Phytoplankton in the Northeastern part of the Sea of Okhotsk in March-April 1998, *Okeanologiya*, 2001, vol. 41, no. 5, pp. 711–718.

Zakharkov, S.P., Selina, M.S., Vanin, N.S., Shtraikhert, E.A., and Bibo, N., Phytoplankton characteristics and hydrological conditions in the western Sea of Okhotsk in spring 1999 and 2000 based on ship and satellite data, *Okeanologiya*, 2007, vol. 47, no. 4, pp. 559–570. EDN: IAQSOD

Kiselev, I.A., Qualitative and quantitative composition of phytoplankton and its distribution in the waters off southern Sakhalin and the southern Kuril Islands, *Issled. dal'nevost. morey SSSR*, 1959, no. 6, pp. 58–77.

Kolganova, T.N., Phytoplankton of Terpeniya Bay in November 1984, in *Tezisy dokl. 4-y nauchno-prakt. konf. "Ekologicheskoye osnovy ratsional'nogo prirodopol'zovaniya na Sakhaline i Kuril'skikh ostrovakh"* (Proc. 4th Sci.-Pract. Conf. "Ecological foundations of rational nature management on Sakhalin and Kuril Islands"), Yuzhno-Sakhalinsk: IMGiG DVO AN SSSR, 1990, pp. 187–189.

Konovalova, G.V., Structure of plankton phytocenosis of the East Bay of the Sea of Japan, *Sov. J. Mar. Biol.*, 1984, vol. 10, no. 1, pp. 13–23.

Makarevich, P.R., Pelagic algal communities in the Sea of Azov, *Nauka Yuga Rossii*, 2022, vol. 18, no. 4, pp. 97–107. doi 10.7868/S25000640220410

Mogilnikova, T.A., Nikulina, T.V., Koreneva, T.G., Latkovskaya, E.M., and Vedernikova, A.A., Phytoplankton and chemical indices of coastal waters of south-western and southern Sakhalin island (Tatar strait Aniva bay), in *Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings*, 2017, no. 7, pp. 151–167.

Motylkova, I.V. and Konovalova, N.V., Species composition of phytoplankton in the coastal shallow waters of the Sea of Okhotsk near southeastern Sakhalin, *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2025, vol. 21, pp. 230–263. EDN: UEGUCL

Motylkova, I.V. and Konovalova, N.V., Structure of phytoplankton for the coastal waters in the eastern Aniva Bay of the Okhotsk Sea in 2018, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 204, no. 2, pp. 433–443. doi 10.26428/1606-9919-2024-204-433-443. EDN: KUANKS

Motylkova, I.V., Konovalova, N.V., and Korneev, E.S., Structure and dynamics of phytoplankton biomass in the coastal zone of southeastern Sakhalin near the mouth Dolinka River during the ice-free period of 2019, *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 20, pp. 170–187. EDN: GRWEHL

Pak, E.A., Khapov, D.S., and Dubina, V.A., Submesoscale abiotic factors in coastal marine ecosystems of the Terpeniya Bay (Okhotsk Sea), *Nauchnye Trudy Dalrybvtyuza*, 2017, vol. 40, no. 1, pp. 17–21. EDN: YHRMRH

Patin, S.A., Anthropogenic impact on marine ecosystems and bioresources: sources, consequences, problems, *Tr. Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2015, vol. 154, pp. 85–104. EDN: UADJWP

Radchenko, I.G., Kapkov, V.I., and Fedorov, V.D., *Prakticheskoe rukovodstvo po sboru i analizu prob morskogo fitoplanktona* (A practical guide to the collection and analysis of marine phytoplankton samples), Moscow: Mordvincev, 2010.

Rura, A.D., Phytoplankton of coastal waters of southern Sakhalin, *Biocenoses and fauna of the southern Sakhalin shelf. Explor. Fauna Seas*, 1985, vol. 30, no. 38, pp. 69–71.

Smirnova, L.I., Phytoplankton of the Sea of Okhotsk and the Kuril region, *Tr. Inst. Okeanol. im. P. P. Shirshova, Akad. Nauk SSSR*, 1959, vol. 30, pp. 3–51.

Fedotova, N.A. and Kolganova, T.N., Characteristics of plankton in the Tatar Strait and off southeastern Sakhalin in spring 1985–1986, in *Tezisy dokl. 3-y nauchno-prakt. konf. "Itogi issledovaniy po voprosam ratsional'nogo ispol'zovaniya i okhrany vodnykh, zemel'nykh i biologicheskikh resursov Sakhalina i Kuril'skikh ostrovov"* (Proc. 3rd Sci.-Pract. Conf. "Results of studies on rational use and protection of water, land and biological resources of Sakhalin and Kuril Islands"), Yuzhno-Sakhalinsk, 1987, pp. 126–127.

Shevchenko, G.V., Tskhai, Zh.R., and Chastikov, V.N., Oceanological conditions on the southeastern shelf of Sakhalin Island based on surveys on standard sections and satellite obser-

ventions, *Okeanologicheskie Issledovaniya*, 2020, vol. 48, no. 2, pp. 51–68. doi 10.29006/1564-2291.2020.48(2).51-68. EDN: FBQQXQ

Shevchenko, G.V., Chastikov, V.N., and Polupanov, P.V., Oceanological studies in assessing the receiving capacity of coastal waters in the areas of the mouths of spawning rivers on the south-eastern coast of Sakhalin Island, *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2021, vol. 17, pp. 132–147. EDN: MICCJH

Shevchenko, O.G., Shulgina, M.A., Shulkin, V.M., and Tevs, K.O., The Long-Term Dynamics and Morphology of the Diatom *Thalassiosira nordenskiöldii* Cleve, 1873 (Bacillariophyta) from the Coastal Waters of Peter the Great Bay, Sea of Japan, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2020, vol. 46, no.4, pp. 284–291. doi 10.1134/S1063074020040069. EDN: VOXRNP

Shuntov, V.P., *Biologiya dal'nevostochnykh morei Rossii* (Biology of the Far Eastern Seas of Russia), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2001, vol. 1.

Akselman, R., Ecological studies in San Jorge Gulf and adjacent waters (Southwestern Atlantic): distribution, abundance and seasonal variability of phytoplankton in relation to physicochemical factors and hydrological dynamics, *Doctoral (Biol.) Dissertation*, Buenos Aires: University of Buenos Aires, 1996 (In Spanish). URL: https://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n2857_Akselman.

Chust, G., Allen, J.L., Bopp, L., Schrum, C., Holt, J., Tsiaras, K., Zavatarelli, M Chifflet, M., Cannaby, H., Dadou, I., Daewel, U., Wakelin, S.L., Machu, E., Pushpadas, D., Butenschon, M., Artioli, Y., Petihakis, G., Smith, C., Garçon, V., Goubanova, K., Le Vu, B., Fach, B.A., Salihoğlu, B., Clementi, E., and Irigoien, X., Biomass changes and trophic amplification of plankton in a warmer ocean, *Global Change Biology*, 2014, vol. 20, no. 7, pp. 2124–2139. doi 10.1111/gcb.12562.

Kristiansen, S., Farbroth, T., and Naustvoll, L.-J., Spring bloom nutrient dynamics in the Oslofjord, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 2001, vol. 219, pp. 41–49. doi 10.3354/meps219041

Lee, C. and Lim, W., Variation of Harmful Algal Blooms in Masan-Chinhae Bay, *ScienceAsia*, 2006, vol. 32, no. 1, pp. 51–56. doi 10.2306/scienceasia1513-1874.2006.32(s1).051.

Nosaka, Y. and Suzuki, K., Effects of temperature, light and iron availability on photosynthetic capacity in the diatoms *Chaetoceros debilis* and *Thalassiosira nordenskiöldii* dominated in the northwestern subarctic Pacific, *Bull. Plank. Soc. Japan*, 2020, vol. 67, no. 1, pp. 1–18. doi 10.24763/bpsj.67.1_1

Paczkowska, J., Brugel, S., Rowe, O., Lefébure, R., Brutemark, A., and Andersson, A., Response of coastal phytoplankton to high inflows of terrestrial matter, *Front. Mar. Sci.*, 2020, vol. 7, pp. 80. doi 10.3389/fmars.2020.00080

Поступила в редакцию 5.05.2026 г.

После доработки 3.06.2026 г.

Принята к публикации 15.06.2026 г.

The article was submitted 5.05.2026; approved after reviewing 3.06.2026;

accepted for publication 15.06.2026

Научная статья

УДК 551.583.2

DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-376-384

EDN: UAIOLG



ГАЛИННЫЙ ПОТОК ЭНТРОПИИ В ОКЕАН ВСЛЕДСТВИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗНОСТИ ОСАДКОВ И ИСПАРЕНИЯ

Т.Р. Кильматов^{1,2}, Н.И. Рудых^{1*}

¹ Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН,
690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, 43;

² Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского,
690003, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а

Аннотация. Построены полуэмпирические формулы для оценки галинной компоненты потока энтропии, генерированной неравномерностью пространственного распределения разности испарения и осадков и поля солёности на границе океан–атмосфера. Представлены расчеты декадного (10 лет) изменения потока энтропии на меридиональном разрезе 180° в Тихом океане за период 40 лет. Использовались исходные данные с пространственным шагом 4° из Базы данных GODAS (Global Ocean Data Assimilation System). Рассматриваемый временной период — 1984–2024 гг. Акватория сепарируется на блоки с преобладанием испарения (рост солёности воды в поверхностном слое) и преобладаем осадков (распреснение). Приводятся декадные изменения характеристик — потоков массы, температуры, солёности для блоков. Оценка галинной компоненты потока энтропии имеет порядок $-5 \cdot 10^{-5}$ Вт/м²К. Это составляет не более 1 % от потока энтропии, генерированного потоками тепла между океаном и атмосферой. В то же время отмечается важность этой характеристики для контроля устойчивости параметров водообмена на фоне наблюдаемых климатических трендов. Расчет показывает рост разности средних поверхностных температур морской воды между акваториями с преобладанием испарения и доминированием осадков. Суммарный (за счет тепло- и массообменов) поток энтропии растёт и это благоприятная тенденция в направлении поддержания горизонтальных градиентов термогалинных параметров в климатическом масштабе.

Ключевые слова: поток энтропии, испарение и осадки, солёность, поток массы, химический потенциал, климатический тренд

Для цитирования: Кильматов Т.Р., Рудых Н.И. Галинный поток энтропии в океан вследствие пространственной неравномерности распределения разности осадков и испарения // Изв. ТИНРО. — 2026. — Т. 206, вып. 2. — С. 376–384. DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-376-384. EDN: UAIOLG.

* Кильматов Талгат Рустемович, доктор физико-математических наук, профессор, talgat_k@mail.ru, ORCID 0000-0002-0574-1452; Рудых Наталья Ивановна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, rudykh@poi.dvo.ru, ORCID 0000-0001-6714-7662.

© Кильматов Т.Р., Рудых Н.И., 2026

Haline entropy flux into the Ocean due to spatial heterogeneity of the difference precipitation — evaporation

Talgat R. Kilmатов*, Natalia I. Rudykh**

* Pacific Oceanological Institute, Russian Ac. Sci., 43, Baltiyskaya Str., Vladivostok, 690041, Russia; Maritime State University, 50, Verkhneportovaya Str., Vladivostok, 690003, Russia

** Pacific Oceanological Institute, Russian Ac. Sci.,
43, Baltiyskaya Str., Vladivostok, 690041, Russia

* D.Phys.-Math., professor, talgat_k@mail.ru, ORCID 0000-0002-0574-1452

** Ph.D., senior researcher, rudykh@poi.dvo.ru, ORCID 0000-0001-6714-7662

Abstract. The formulas are proposed for estimating the haline component of entropy flux generated by uneven spatial distribution of evaporation, precipitation, and salinity at the ocean–atmosphere boundary. The entropy flux is calculated with 4° discretion on GODAS (Global Ocean Data Assimilation System) data for the meridian transect in the Pacific along 180° in 1984–2024 and its decadal variability is analyzed. The transect is separated to blocks with prevalence of evaporation (the salt flux into the ocean) and precipitation (the salt flux from the ocean). The fluxes of temperature, salinity, and mass are determined for each block and the haline component of entropy flux is estimated as $\sim 5 \cdot 10^{-5}$ W/m²K. This value does not exceed 1 % of the entropy flux caused by heat exchange between the ocean and atmosphere. However, this parameter is important for monitoring of the water exchange stability in conditions of changing climate. Increasing difference of the sea surface temperature is observed between blocks with opposite balance of evaporation and precipitation, but the tendency for the total entropy flux (due to heat and mass transfer) to increase presumably stabilizes spatial gradients of temperature and salinity on climate scale.

Keywords: entropy flux, evaporation-precipitation balance, salinity, mass flux, chemical potential, climate trend

For citation: Kilmатов T.R., Rudykh N.I. Haline entropy flux into the Ocean due to spatial heterogeneity of the difference precipitation — evaporation, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2026, vol. 206, no. 2, pp. 376–384. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-376-384. EDN: UAIOLG.

Введение

Пространственное распределение поверхностного поля солёности в океане в большой степени формируется за счёт разности осадков и испарения, т.е. массообмена пресной воды через границу вода–воздух. Этот процесс не только определяет глобальный гидрологический цикл и климатические изменения, но и поддерживает пространственные градиенты полей солёности, компенсируя выравнивание поля солёности вследствие адвекции и турбулентного перемешивания. Рассмотрим этот процесс с точки зрения производства энтропии вследствие обмена массой. Такой подход, основанный на неравновесной термодинамике, позволяет использовать энтропийный анализ для контроля климатических вариаций термогалинных полей в толще Мирового океана.

В соответствии с классической и неравновесной термодинамикой [Гленсдорф, Пригожин, 1973; Седов, 1973; Дьярмати, 1974; Ландау, Лифшиц, 2002] поток энтропии можно сепарировать на две компоненты — за счёт обмена теплом и обмена массой. Последнюю компоненту будем называть галинным потоком энтропии, или просто галинным потоком. Стоит отметить, что теплообмен в генерации суммарного потока энтропии в климатической системе играет главную роль и тепловая компонента намного больше галинной, вклад которой по оценкам Т.Р. Кильматова [1984] не более 2 %. В то же время гидрологический цикл планеты и его изменчивость, поле солёности играют исключительную роль в биологической, социальной, экономической жизни цивилизации. В работе рассматривается только галинная компонента потока энтропии.

Подход энергетического анализа на основе второго закона термодинамики для климатической системы планеты имеет широкое применение [Lucarini et al., 2011;

Lucarini, Pascale, 2014; Pascale et al., 2011, 2012; Bannon, Najjar, 2018; Ghill, Lucarini, 2020], поскольку такая система замкнута и лучше соответствует теоретическим постулатам неравновесной термодинамики. Применение уравнения баланса энтропии к океану [Кильматов, 1984; Shimokawa, Ozawa, 2001; Bannon, Najjar, 2018; Кильматов, Рудых, 2025] как отдельному компоненту климатической системы возможно только в определенном приближении, поскольку рассмотрение океана как замкнутой термодинамической системы имеет свои особенности. Через границы океана поступают тепловые потоки с поверхности, наблюдаются геотермальные потоки на дне. Также генерируется поток тепла в толще океана вследствие диссипации работы ветра, приливной энергии. Одновременно происходит обмен массой, поверхность характеризуется неравномерным распределением осадков — испарения, плюс поток массы вследствие стока (рек), образования и таяние льдов. В работе будем выделять компоненту потока энтропии вследствие потока массы, т.е. галинную составляющую. Здесь важно, что поток энтропии оценивается через граничные параметры без учета внутренней структуры объекта [Глендсдорф, Пригожин, 1973], что позволяет проводить расчеты по стандартным гидрометеорологическим параметрам. Физически галинная составляющая потока характеризует меру отклонения пространственного поля солёности от своего равновесного (однородного) состояния. Чем значительнее галинный поток энтропии, тем больше его вклад в динамические процессы в океане, генерированные неоднородностью поля солёности.

Ниже построены простые инженерные формулы для расчета галинной составляющей потока энтропии вследствие обмена массой в системе океан–атмосфера–континент. Используются данные по термодинамическим свойствам морской воды [Fofonoff, 1962; IOC, SCOR and IAPSO, 2010*; Feistel, 2018]. В формулы входят только стандартные океанологические параметры, позволяющие проводить количественные оценки. Демонстрируется практический пример расчета декадной изменчивости интегрального галинного потока энтропии для выделенной акватории Тихого океана с помощью открытых источников гидрометеорологических данных [Kanamitsu et al., 2002; <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/GODAS/>; <https://apdrc.soest.hawaii.edu/data/data.php>].

Блоковая модель и инженерная формула для расчета галинного потока энтропии

Рассмотрим простую модель для расчета потока энтропии, генерированной потоком массы. Поток тепла при этом не учитывается. Морская вода рассматривается как двухкомпонентная жидкость — пресная вода плюс морская соль. Используем линейное приближение для формулы зависимости химического потенциала от солёности морской воды. Считаем также, что выделенная конечная акватория за заданный шаг времени (ниже декада — десять лет) находится в квазистационарном состоянии, т.е. внутренняя энергия выделенного объема не изменяется. Процесс изотермический при постоянном атмосферном давлении, суммарный поток массы в акваторию равен нулю. Поскольку суммарный поток массы равен нулю, сумма интегральных потоков испарения E ($\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$), осадков P ($\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$), стока (расход рек, таяние льда и т.д.) $Flow = (E - P)$ равна нулю. Таким образом, здесь не учитываются климатические вариации уровня океана. Потоки направлены перпендикулярно поверхности океана и положительны, когда испарение превышает осадки (поток соли направлен в океан). Введем обозначение: $(E - P)^+ > 0$, $(E - P)^- < 0$. Индекс (+) означает, что данный параметр принадлежит той части акватории, где поток соли направлен в океан. Знак (–) — осадки в данной части акватории доминируют. Обозначим S (г/кг) — средняя солёность поверхностной морской воды в выделенной акватории. Как правило, в акваториях, где преобладает испарение, соле-

* IOC, SCOR and IAPSO, 2010. The international thermodynamic equation of seawater — 2010: Calculation and use of thermodynamic properties. Intergovernmental Oceanographic Commission, Manuals and Guides № 56. English: UNESCO. 196 p.

ность поверхностной воды выше, чем в акваториях, где преобладают дожди и $(E - P)^- < 0$. Обозначим $\Delta S^+ \geq 0$ — отклонение солёности от средней S в той части акватории, где преобладает испарение. Соответственно $\Delta S^- \leq 0$ — отклонение солёности на поверхности океана от средней в акваториях, где доминируют осадки. Также отметим, что часть пресной воды (порядка 10 % от испарившейся) попадает в океан в виде стоков и таяния льда. Разделим акваторию на два блока по признаку преобладания испарения (+) и доминированию осадков (–). Интегральный обмен массой для акватории с учетом стоков в стационарном случае равен нулю. В соответствии с неравновесной термодинамикой [Гленсдорф, Пригожин, 1973; Седов, 1973] для конечной акватории интенсивность потока энтропии определяется пространственной неравномерностью распределения поля солёности и притока — оттока массы на поверхности.

В перечисленных приближениях построим простую блочную модель для практического расчета галинной составляющей энтропии, входными данными для которой являются стандартные гидрометеорологические данные. Схематически модель представлена на рис. 1.

Рис. 1. Блочная модель акватории, которая обменивается массой. В блоке (+) доминирует испарение (как правило, тропическая зона), здесь поток соли положительный. Солёность выше средней S на величину ΔS^+ . Блок (–) характеризует акватории с отрицательным потоком соли (осадки), $\Delta S^- < 0$. Интегральный баланс соли (с учетом стока) в стационарном приближении равен нулю

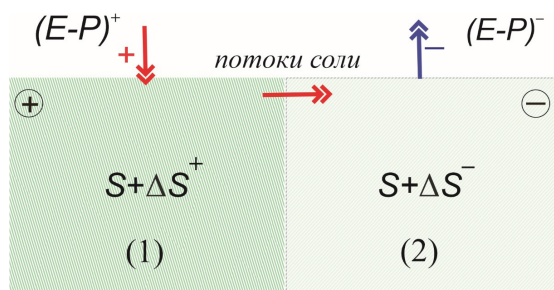


Fig. 1. The block model of a marine area undergone to the mass exchange. Evaporation prevails over precipitation in the block (+) where salinity is higher than the average salinity S by ΔS^+ and the salt flux is positive. Precipitation and river discharge prevail over evaporation in the block (–) where $\Delta S < 0$ and the salt flux. The net salt balance is zero

Приведем расчетные формулы, основанные на соотношении Гиббса в приближении морской воды как двухкомпонентной жидкости — чистая вода плюс соль. Используем следующие приближения: давление постоянное атмосферное; химические потенциалы морской воды — это линейные функции солёности; уравнение состояния морской воды [по: Fofonoff, 1962; IOC, SCOR and IAPSO, 2010*; Feistel, 2018]. В данном подходе отрицательный галинный поток энтропии e поддерживает пространственный перепад солёности $\Delta S^+ - \Delta S^-$ между блоками, т.е. компенсирует сглаживание поля солёности вследствие динамических процессов адвекции и турбулентного перемешивания.

Формула для расчета галинного потока энтропии e в перечисленных приближениях имеет следующий вид

$$e = -\frac{\Delta\mu(\Delta S^+) \cdot (E-P)^+}{T} + \frac{\Delta\mu(\Delta S^-) \cdot (E-P)^-}{T} - \frac{\Delta\mu(\Delta S^*) \cdot ((E-P)^+ + (E-P)^-)}{T}. \quad (1)$$

Здесь $\Delta\mu$ — разность химических потенциалов соли и пресной воды как функция солёности. Разлагая разность химических потенциалов в ряд в точке S , получаем простую линейную инженерную формулу для $\Delta\mu^*$:

$$\Delta\mu(\Delta S) \approx \frac{\partial\Delta\mu}{\partial\Delta S} \cdot \Delta S \approx 2400 \cdot \Delta S \text{ Дж/кг}. \quad (2)$$

Объединяя (1) и (2), получаем расчетную формулу для оценки галинного потока энтропии:

$$e \approx -2400 \left(\frac{\Delta S^+ \cdot (E-P)^+}{T} + \frac{\Delta S^- \cdot (E-P)^-}{T} - \frac{\Delta S^* \cdot ((E-P)^+ + (E-P)^-)}{T} \right) \text{ Вт/м}^2\text{К}. \quad (3)$$

* IOC, SCOR and IAPSO, 2010.

Здесь надо отметить, что хотя используемое конкретное значение $\frac{\partial \Delta \mu}{\partial \Delta S}$ приближенное, это не влияет на выводы работы ниже, поскольку они основаны не на абсолютных значениях потока, а на тенденциях его изменения в декадных масштабах.

Рассмотрим структуру формул (1) и (3). Первый член в правой части — генерация потока вследствие притока массы (соли — преобладает испарение); второй — оттока соли (дожди); последний — вклад в галинный поток стока $Flow = (E - P)^+ + (E - P)^-$, который поступает в акваторию при солёности, отклоняющейся от S на $\Delta S^* \leq 0$. Ниже в практических расчетах полагаем $\Delta S^* = \Delta S^-$. Оценка $T \sim 290$ К.

Физическая интерпретация e следующая: это нормированная на температуру механическая энергия, которая продуцируется обменом массой с внешней средой вследствие пространственной неравномерности распределения разности испарения и осадков и поля солёности морской воды на поверхности.

Приведем количественный пример расчета для характерных значений параметров в океане. В тропиках характерная величина $(E - P)^+ \sim 0,5$ м/год $\sim 10^{-5}$ кг/м²·с. Если 10 % приходится на сток, то $Flow \sim -0,1 \cdot 10^{-5}$ кг/м²·с, $(E - P)^- \sim -0,9 \cdot 10^{-5}$ кг/м²·с. Средняя солёность $S \sim 35$ г/кг, порядка $\Delta S^+ \sim 1$ г/кг, $\Delta S^- \approx \Delta S^* \sim -0,5$ г/кг.

Подставляя эти значения в формулу (3), получаем $-e \approx 5 \cdot 10^{-5}$ Вт/м²·К.

Данный подход применим к выделенной акватории Тихого океана с целью оценить климатические сдвиги и вклад галинного потока в генерацию динамических процессов.

Оценка климатических вариаций галинного потока энтропии в акватории Тихого океана за последние 40 лет

В соответствии с представленным выше подходом был рассчитан суммарный поток энтропии для акватории Тихого океана по разрезу, ориентированному вдоль 180-го меридиана. Выбор акватории связан с относительным удалением от материков, а длина разреза охватывала высокие и низкие широты обоих полушарий.

Шаг по пространству вдоль разреза — 4°, количество шагов в северном полушарии — 13, в южном — 19. Разрез охватывает диапазон широт 50° с.ш. — 74° ю.ш. Осреднение по времени один год, период времени 40 лет (1984–2024 гг.). Ясно, что для каждого выделенного года суммарное число значений по температуре, солёности поверхностной воды, потока массы равно числу шагов, т.е. 32.

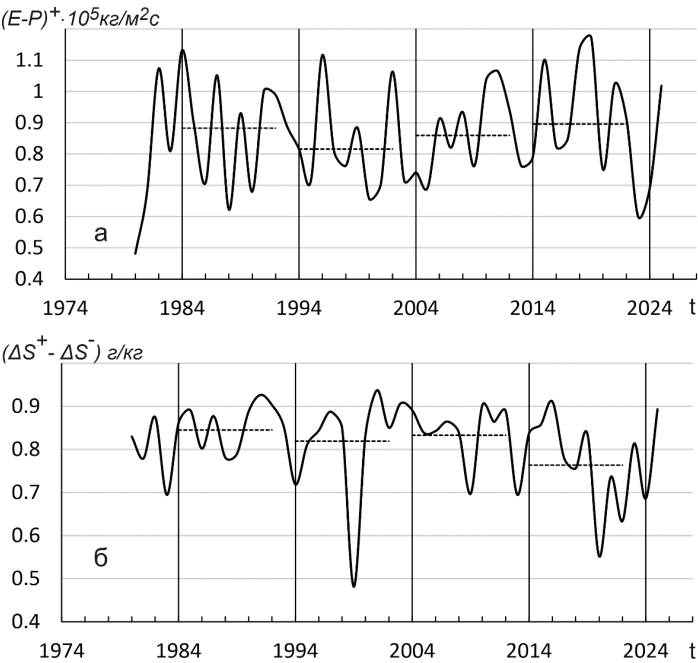
Исходные данные для расчетов получены с сайта NCEP Global Ocean Data Assimilation System (GODAS) (<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/GODAS/>) и в дальнейшем преобразованы с помощью ODV (Ocean Data View, <https://odv.awi.de>, 2026). Разность испарение–осадки получены с помощью ресурсов и web-инструментов регионального центра NOAA — Asia-Pacific Data Research Center, Honolulu [https://apdrc.soest.hawaii.edu/index.php\(netcdf/single_level/evaporation_minus_precipitation_\[cm_yr\],annual\)](https://apdrc.soest.hawaii.edu/index.php(netcdf/single_level/evaporation_minus_precipitation_[cm_yr],annual)).

Временная изменчивость и климатические изменения рассматриваемых характеристик

Ниже представлены результаты расчетов изменчивости параметров на разрезе 180°, которые связаны с генерацией галинного потока энтропии. На рис. 2 показан временной ход динамики потери массы на разрезе и пространственного перепада солёности морской воды между блоками. Графики показывают, что межгодовые изменения этих характеристик значительно превышают климатические тренды. Поэтому был реализован подход, предполагающий осреднение по времени на декады (десятилетия). Осреднение параметров для каждого блока отдельно: блок (+), где испарение превышает осадки (как правило тропическая зона); блок (–) с преобладанием осадков (экваториальная и субполярная зоны). В соответствии с рис. 1 знаки (+) (–) характеризуют направление вертикального потока соли в океан.

Рис. 2. Межгодовые и декадные (прямые горизонтальные линии) изменения положительного потока соли на разрезе 180° через поверхность акватории (а); межгодовые и декадные изменения среднего перепада солёности между акваториями с положительным (осадки – испарение < 0)⁺ и отрицательным (осадки – испарение > 0)⁻ потоком соли на разрезе 180° в поверхностном слое (б)

Fig. 2. Interannual dynamics of the positive salt flux through the sea surface at the transect along 180° and its decadal mean values (а); interannual dynamics and decadal mean values for the salinity difference between the blocks of transect with positive (precipitation < evaporation)⁺ and negative (precipitation > evaporation)⁻ salt fluxes (б)



На рис. 2 декадные изменения потока соли и разности солёности между блоками можно проследить по изменениям горизонтальных пунктирных линий. Такое осреднение позволяет более консервативно смотреть на тенденции изменения параметров в рамках блочной модели — вклад пространственного распределения разности испарения и осадков как в энергетическую галинную составляющую.

Результаты обработки данных суммированы в таблице.

Декадные изменения параметров на поверхности меридионального разреза 180° Тихого океана

Decadal changes of certain parameters for exchange through the sea surface at the meridian transect along 180° in the Pacific Ocean

№ строки	Параметр	Декада			
		1-я	2-я	3-я	4-я
1		1984–1993	1994–2003	2004–2013	2014–2023
2	(E–P)⁺ (10⁵ кг/м²·с)	0,883	0,816	0,860	0,896
3	(E–P) ⁻	-0,692	-0,707	-0,730	-0,759
4	Flow	0,191	0,109	0,130	0,137
5	S (г/кг)	34,654	34,655	34,656	34,660
6	ΔS ⁺	0,465	0,437	0,435	0,409
7	ΔS ⁻	-0,380	-0,382	-0,398	-0,355
8	ΔS ⁺ -ΔS ⁻	0,845	0,819	0,833	0,764
9	T (K)	290,835	290,958	291,053	291,319
10	T ⁺	295,076	295,817	295,974	296,449
11	T ⁻	287,400	286,645	286,495	286,773
12	T ⁺ -T ⁻	7,676	9,173	9,479	9,676
13	-ε (10⁵ Дж/м²·K)	6,173	5,532	5,927	5,662

Коротко выделим основные результаты анализа данных по таблице. Строки 2–4-я демонстрируют декадные изменения потоков соли в блоках и их разницы (Flow) в модельном приближении квазистационарного состояния за рассматриваемую декаду. Последние три декады наблюдается рост потока соли.

Строки 5–8-я характеризуют пространственное распределение и декадные изменения в поле поверхностной солёности воды. Отметим, что в рассматриваемом временном масштабе в блоках нет тенденции, что рост испарения приводит к росту солёности, а рост осадков — к уменьшению солёности воды. Это означает, что внутренние источники горизонтального перемешивания (адвекция, турбулентность) доминируют над генерацией пространственных градиентов солёности под воздействием разности осадков и испарения. Эту тенденцию подтверждают строки 9–12-я, показывающие климатические декадные изменения пространственного распределения температуры. Здесь важно, что акватория имеет не только тренд климатического потепления (строка 9-я), но одновременно и тренд роста разности температур между блоками (строка 12-я). Это характеризует климатический рост производства энтропии вследствие тепловых процессов, что согласуется с результатами расчетов для данной акватории [Кильматов, Рудых, 2025], он имеет оценку 10^{-2} Дж/м²К. Сравнение с галинным потоком (строка 13-я) показывает, что приток механической энергии (на единицу температуры) за счет галинного эффекта не превышает 1 % от генерации потока энтропии, генерированной пространственной неравномерностью нагрева — охлаждения на поверхности. Таким образом, минимальный вклад обмена массой (1 %) в процесс динамического перемешивания океана и одновременно его определяющее участие в гидрологический цикл планеты можно сравнить с эффектом влияния специй в кулинарии: малый объем сильно изменяет «вкусовые качества».

Заключение

Применение второго закона термодинамики в процессе обмена массой между океаном и атмосферой, оценка галинного потока энтропии через стандартные гидрометеорологические параметры позволяют получить дополнительную информацию по климатической изменчивости энергетических действий в океане. Несмотря на присутствие полуэмпирических коэффициентов в формулах, что приводит к оценочным значениям абсолютных величин, относительные изменения потока энтропии отражают реальные тенденции энергетических преобразований в океане в климатических масштабах.

Расчет галинного потока для меридионального разреза 180° Тихого океана показывает, что он с точки зрения динамического вклада в динамику океана играет второстепенную роль. Галинный поток составляет порядка 1 % от потока энтропии вследствие обмена теплом на границе океан–атмосфера. Поскольку суммарный отрицательный поток энтропии (за счет тепло-массообмена) в климатическом масштабе растет, то в целом это положительный стабилизирующий эффект поддержания климатической системы в стационарном состоянии.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают благодарность рецензентам за ценные замечания, полученные при подготовке работы.

The authors are thankful to anonymous reviewers for their valuable comments useful for the article.

Финансирование работы (FUNDING)

Работа была выполнена в рамках двух гос. заданий ТОИ ДВО РАН: Государственное задание «Исследование климатических аспектов распространения природных газов в морских акваториях и на прибрежных территориях, а также связанных с этим явлений и процессов», регистрационный номер 125051406034-3; «Исследование структуры и динамики вод Мирового океана в условиях современных климатических изменений», регистрационный номер 124022100079-4.

The study was funded from the budget of Pacific Oceanological Institute, Far-Eastern branch of Russian Ac. Sci., according to the state assignments «The study of climatic aspects

of natural gas distribution in marine waters and coastal areas, as well as related phenomena and processes», registration number 125051406034-3, and “The study of structure and dynamics of waters in the World Ocean in conditions of modern climate change”, registration number: 124022100079-4.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с использованием животных в качестве объектов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The article does not concern any study with using animals as subjects.

The authors declare no conflict of interest.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

Т.Р. Кильматов — физико-математическая постановка и построение модели, интерпретация результатов, написание текста работы; Н.И. Рудых — сбор, обработка, анализ данных, интерпретация результатов.

T.R. Kilmатов — physical and mathematical concept of the study and the model development, interpretation of the results, writing and illustrating the text; N.I. Rudykh — data collection, processing and analysis, interpretation of the results.

Список литературы

Гленсдорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций : моногр. : пер. с англ. — М. : Мир, 1973. — 280 с.

Дьярмати И. Неравновесная термодинамика. Теория поля и вариационные принципы : моногр. — М. : Мир, 1974. — 404 с.

Кильматов Т.Р. Средний поток энтропии через поверхность Мирового океана // ДАН СССР. — 1984. — Т. 275, № 4. — С. 1015–1018.

Кильматов Т.Р., Рудых Н.И. Поток энтропии через поверхность раздела между океаном и атмосферой как интегральный индикатор климатических изменений океана // Изв. ТИПРО. — 2025. — Т. 205, вып. 4. — С. 728–736. DOI: 10.26428/1606-9919-2025-205-728-736. EDN: MDSIMQ.

Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика : учеб. пособ. : для вузов. В 10 т. Т. 5 : Статистическая физика. Ч. 1. — 5-е изд. — М. : Физматлит, 2002. — 616 с.

Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. 1 : моногр. — М. : Наука, 1973. — 536 с.

Bannon P.R., Najjar R.G. Heat-Engine and Entropy-Production Analyses of the World Ocean // J. Geophys. Res. Oceans. — 2018. — Vol. 123(8). — P. 8532–8547. DOI: 10.1029/2018JC014261.

Feistel R. Thermodynamic properties of seawater, ice and humid air: TEOS-10, before and beyond // Ocean Science. — 2018. — Vol. 14(3) — P. 471–502. DOI: 10.5194/os-14-471-2018.

Fofonoff N.P. Physical properties of sea water // The Sea. Ideas and observations on progress in the study of the seas, vol. 1 : Physical Oceanography. — N.Y. : Interscience (Wiley), 1962. — P. 3–30.

Ghill M., Lucarini V. The Physics of Climate Variability and Climate Change // Reviews of Modern Physics. — 2020. — Vol. 92, № 3. — P. 1–77. DOI: 10.1103/RevModPhys.92.035002. EDN: YOJYTF.

Kanamitsu M., Ebisuzaki W., Woollen J. et al. NCEP-DOE AMIP-II Reanalysis (R-2) // Bull. Amer. Meteor. Soc. — 2002. — Vol. 83, № 11. — P. 1631–1644. DOI: 10.1175/BAMS-83-11-1631.

Lucarini V., Fraedrich K., Ragone F. New Results on the Thermodynamic Properties of the Climate System // J. Atmos. Sci. — 2011. — Vol. 68, № 10. — P. 2438–2458. DOI: 10.1175/2011JAS3713.1. EDN: PKIYYJ.

Lucarini V., Pascale S. Entropy production and coarse graining of the climate fields in a general circulation model // Climate Dynamics. — 2014. — Vol. 43. — P. 981–1000. DOI: 10.1007/s00382-014-2052-5. EDN: NLALQJ.

Pascale S., Gregory J.M., Ambaum M., Tailleux R. A parametric sensitivity study of entropy production and kinetic energy dissipation using the FAMOUS AOGCM // Climate Dynamics. — 2012. — Vol. 38(5). — P. 1211–1227. DOI: 10.1007/s00382-011-0996-2. EDN: PKIJBV.

Pascale S., Gregory J.M., Ambaum M., Tailleux R. Climate entropy budget of the HadCM3 atmosphere–ocean general circulation model and of FAMOUS, its low-resolution version // Climate Dynamics. — 2011. — Vol. 36, № 5–6. — P. 1189–1206. DOI: 10.1007/s00382-009-0718-1. EDN: OMJXAV.

Shimokawa S., Ozawa H. On the thermodynamics of the oceanic general circulation: entropy increase rate of an open dissipative system and its surroundings // *Tellus*. — 2001. — Vol. 53 A, № 2. — P. 266–277. DOI: 10.3402/tellusa.v53i2.12185.

References

Glansdorff, P. and Prigogine, I., *Thermodynamic theory of structure, stability and fluctuation*, Université Libre de Bruxelles, Brussels, Belgium, and University of Texas, Austin, Texas, 1971.

Gyarmati, I., *Non-equilibrium thermodynamics. Field theory and variational principles*, Heidelberg: Springer Berlin, 1970.

Kilmatov, T.R., The average entropy flux through the surface of the World Ocean, *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 1984, vol. 275, no. 4, pp. 1015–1018.

Kilmatov, T.R. and Rudykh, N.I., Entropy flux through the ocean–atmosphere boundary as an integral indicator of the ocean climate change, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2025, vol. 205, no. 4, pp. 728–736. doi 10.26428/1606-9919-2025-205-728-736. EDN: MDSIMQ

Landau, L.D. and Lifshitz, E.M., *Teoreticheskaya fizika : ucheb. posob. : dlya vuzov. V 10 t. T. 5: Statisticheskaya fizika. Ch. 1* (Theoretical Physics: a textbook: for universities. In 10 volumes. Vol. 5: Statistical Physics. Part 1), 5th ed., Moscow: FIZMATLIT, 2002.

Sedov, L.I., *Mekhanika sploshnoy sredy* (Continuum Mechanics), vol. 1, Moscow: Nauka, 1973.

Bannon, P.R. and Najjar, R.G., Heat-Engine and Entropy-Production Analyses of the World Ocean, *J. Geophys. Res. Oceans*, 2018, vol. 123, no. 8, pp. 8532–8547. doi 10.1029/2018JC014261

Feistel, R., Thermodynamic properties of seawater, ice and humid air: TEOS-10, before and beyond, *Ocean Science*, 2018, vol. 14, no. 3, pp. 471–502. doi 10.5194/os-14-471-2018

Fofonoff, N.P., Physical properties of sea water, in *The Sea. Ideas and observations on progress in the study of the seas*, vol. 1: Physical Oceanography, New York: Interscience (Wiley), 1962, pp. 3–30.

Ghill, M. and Lucarini, V., The Physics of Climate Variability and Climate Change, *Reviews of Modern Physics*, 2020, vol. 92, no. 3, pp. 1–77. doi 10.1103/RevModPhys.92.035002. . EDN: YOJYTF

Kanamitsu, M., Ebisuzaki, W., Woollen, J., Yang, S.-K., Hnilo, J.J., Fiorino, M., and Potter, G.L., NCEP-DOE AMIP-II Reanalysis (R-2), *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 2002, vol. 83, no. 11, pp. 1631–1644. doi 10.1175/BAMS-83-11-1631

Lucarini, V., Fraedrich, K., and Ragone, F., New Results on the Thermodynamic Properties of the Climate System, *J. Atmos. Sci.*, 2011, vol. 68, no. 10, pp. 2438–2458. doi 10.1175/2011JAS3713.1. EDN: PKIIFY

Lucarini, V. and Pascale, S., Entropy production and coarse graining of the climate fields in a general circulation model, *Climate Dynamics*, 2014, vol. 43, pp. 981–1000. doi 10.1007/s00382-014-2052-5. EDN: NLALQJ

Pascale, S., Gregory, J.M., Ambaum, M., and Tailleux, R., A parametric sensitivity study of entropy production and kinetic energy dissipation using the FAMOUS AOGCM, *Climate Dynamics*, 2012, vol. 38, no. 5, pp. 1211–1227. doi 10.1007/s00382-011-0996-2. EDN: PKIJBV

Pascale, S., Gregory, J.M., Ambaum, M., and Tailleux, R., Climate entropy budget of the Had-CM3 atmosphere–ocean general circulation model and of FAMOUS, its low-resolution version, *Climate Dynamics*, 2011, vol. 36, no. 5–6, pp. 1189–1206. doi 10.1007/s00382-009-0718-1. EDN: OMJXAV

Shimokawa, S. and Ozawa, H., On the thermodynamics of the oceanic general circulation: entropy increase rate of an open dissipative system and its surroundings, *Tellus*, 2001, vol. 53 A, no. 2, pp. 266–277. doi 10.3402/tellusa.v53i2.12185

IOC, SCOR and IAPSO, 2010. *The international thermodynamic equation of seawater — 2010: Calculation and use of thermodynamic properties*, Intergovernmental Oceanographic Commission, Manuals and Guides, no. 56. English: UNESCO. Cited March, 29, 2026.

NCEP Global Ocean Data Assimilation System (GODAS). <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/GODAS/>. Cited March, 29, 2026.

APDRC (Asia-Pacific Data Research Center). <https://apdrc.soest.hawaii.edu/data/data.php>. Cited March, 31, 2026.

<https://apdrc.soest.hawaii.edu/index.php>. Cited March, 29, 2026.

<https://odv.awi.de>. Cited March, 29, 2026.

Поступила в редакцию 9.04.2026 г.

После доработки 8.06.2026 г.

Принята к публикации 15.06.2026 г.

*The article was submitted 9.04.2026; approved after reviewing 8.06.2026;
accepted for publication 15.06.2026*

**СТРАНИЦЫ ПАМЯТИ
SCROLLS OF MEMORY****ВОСПОМИНАНИЯ КОЛЛЕГ, ДРУЗЕЙ И БЛИЗКИХ
ОБ АНАТОЛИИ ВАСИЛЬЕВИЧЕ ПЕРЕБЕЙНОСЕ
(07.03.1950–20.05.2011)**

В 2025 г. состоялся 75-летний юбилей со дня рождения Анатолия Васильевича Перебейноса. 20 мая 2011 г. он завершил свой земной путь, но оставил богатое научное наследие.

В чем, по сути, заключается высшая форма признания исследователя в науке, если, например, речь идет о технической области, связанной с производством пищевой продукции? Ведь это не просто память коллег и близких и не только цитирование научных работ. Это реальное применение на практике методических решений, опубликованных в виде патентов и статей.

Анатолий Васильевич прошел путь от инженера до профессора, защитил в Москве кандидатскую и докторскую диссертации, пользовался признанием у коллег и запомнился всем как добрый, веселый и весьма энергичный эксперт технологического профиля. А главное, он был настоящим «генератором» идей. Говоря простым языком, мог, просто проходя мимо, предложить новую технологическую концепцию, метод или даже пересмотреть существующую теорию. Вот уже 15 лет с нами нет талантливого ученого, со смекалистостью которого мало кто решился бы конкурировать.

Ранние годы и образование

Анатолий Васильевич родился 7 марта 1950 г. в г. Владивосток в семье подполковника Перебейноса Василия Григорьевича. В 1967 г. окончил среднюю общеобразовательную трудовую политехническую школу № 12 в г. Спасск-Дальний. В том же году поступил в Дальневосточный технический институт рыбной промышленности и хозяйства (ныне Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет) и в 1972 г. окончил его с присвоением квалификации инженера-технолога по специальности «Технология рыбных продуктов», был одним из первых по распределению. Параллельно с обучением в университете, с 1966 по 1969 г., Анатолий

Васильевич проходил обучение в Университете марксизма-ленинизма при Уссурийском ДОСА. В 1988–1989 гг. прошел курс обучения в университете педагогического мастерства.

Трудовая деятельность

По окончании университета 27 сентября 1972 г. зачислен заместителем начальника Центрального рыбцеха Александровского рыбокомбината Сахалинрыбпрома «Дальрыба». Далее 18 мая 1973 г. назначен начальником производственного отдела — главным технологом. Через год 28 июня 1974 г. перевелся в управление рефрижераторного флота «Камчатрыбфлот» и был старшим мастером плавбазы «Советская Арктика». В начале 1975 г. назначен на должность завпроизводством плавбазы «Чукотка». Вскоре, в том же году, зачислен на должность и.о. старшего научного сотрудника в лабораторию термического консервирования ТИНРО. Через полгода переведен на должность и.о. старшего научного сотрудника в лабораторию технологии кормовой и технической продукции. В феврале 1977 г. утвержден в занимаемой должности старшего научного сотрудника. В феврале 1987 г. был избран по конкурсу на должность ассистента кафедры технологии рыбных продуктов Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета. После защиты докторской диссертации переведен на должность профессора кафедры технологии продуктов питания в марте 1997 г., где и проработал до мая 2011 г. Сотрудники Дальрыбвтуза хранят память о нем, и до сих пор кажется, что он никогда не уходил.



Научная деятельность

В сентябре 1985 г. Анатолию Васильевичу присуждена степень кандидата технических наук. В декабре 1992 г. он переведен на должность доцента кафедры технологии рыбных продуктов, а в сентябре 1994 г. ему было присвоено звание доцента. Позже, в феврале 1997 г., Анатолий Васильевич защитил докторскую диссертацию на тему «Обоснование принципов регулирования технологии многокомпонентных кормовых продуктов из гидробионтов». Научным консультантом выступала доктор технических

наук, профессор Тамара Михайловна Сафронова. В мае 1997 г. избран действительным членом (академиком) Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ). Решением Министерства общего и профессионального образования Российской Федерации 17 февраля 1999 г. Анатолию Васильевичу было присвоено звание профессора. Всего в период с 1979 по 2012 г. включительно им были опубликованы 2 монографии, 7 учебных пособий, 27 научных статей, 4 тезисов докладов конференций, 12 патентов. Получены медали «80 лет Дальневосточному государственному техническому рыбохозяйственному университету», «70 лет Приморскому краю», «Изобретатель СССР», знаки Профессорского клуба и «Почетный работник рыбного хозяйства России».

Анатолий Васильевич вел активную преподавательскую деятельность, в ранние годы разделял горести и радости колхозных работ со студентами, которых он всегда ласково называл «детьми». Студенты просто обожали его лекции за живость, открытость и качество получаемых знаний. Каким бы сложным ни был материал, Анатолий Васильевич всегда легко и доходчиво мог его объяснить. А на экзаменах, несмотря на то что его вопросы нередко ставили в тупик, если не заставляли краснеть, профессор Перебейнос формировал навык научных рассуждений, заставлял думать, мыслить широко и нестандартно. Многие из «подросших ребят» и бывших коллег до сих пор вспоминают, каким юмористом был Анатолий Васильевич, как он ловко подмечал детали, но всегда по-доброму, без обид. Под руководством Анатолия Васильевича формировались высококлассные специалисты, кандидаты наук, в том числе и среди зарубежных соискателей, которые с большой благодарностью относились к своему учителю. Одной из последних работ была диссертация на соискание ученой степени кандидата наук Ольги Валентиновны Сахаровой («Обоснование технологии хранения живой товарной рыбы семейства карповых (Cyprinidae) в модифицированной аквариумной среде», 2009 г.). Не ограничиваясь только преподаванием, давал интервью в различных СМИ о культуре питания и особенностях национальной кухни.



Анатолий Васильевич не боялся проблем и трудностей, смело шел вперед, там, где для других была неизвестность, для него — новые возможности и пара отличных шуток в запасе.

Семья

Анатолий Васильевич женился в 1969 г. и счастливо прожил в браке со своей единственной и любимой женой более 40 лет. Он говорил, что половина его докторской — это ее заслуга. Наталья Леонтьевна всегда была его надежным тылом, опорой и поддержкой до последних минут жизни. Вместе они воспитали дочь и внучку, также связавшую по примеру деда свою жизнь с наукой. Свет знания, который профессор Анатолий Васильевич Перебейнос нес всю свою жизнь, продолжает гореть.

Благодарности

Авторы выражают искреннюю благодарность за помощь в подборе биографических материалов, фотографий и документов (все из семейного архива) супруге А.В. Перебейноса, инженеру-технологу рыбной промышленности Наталье Леонтьевне Перебейнос. Отдельная благодарность за помощь в сборе информации по научной деятельности доктору технических наук, профессору, заведующей кафедрой «Технология продуктов питания» Светлане Николаевне Максимовой.

*Анастасия Николаевна Воронова, канд. биол. наук, вед. науч. сотр.
Тихоокеанского государственного медицинского университета
Константин Сергеевич Вайнутис, канд. биол. наук, доцент
Дальневосточного государственного технического
рыбохозяйственного университета*