



ISSN 1606-9919

Научный журнал

ИЗВЕСТИЯ ТИНРО

2026. Том 206, вып. 1

Год основания 1928



IZVESTIYA TINRO

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

Импакт-фактор РИНЦ: 1,006

Периодичность: 4 раза в год

Журнал включен в Перечень ВАК как издание, имеющее переводную версию, которая входит в междуна-
родные 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	3
Байталоук А.А., Буслов А.В., Антоненко Д.В., Новиков Ю.В. Новая «сардиновая эпоха»: результаты исследований и промысла первого десятилетия	3
Золотов А.О. Размерно-возрастная структура, линейный рост и созревание камбал Карагинского и Олюторского заливов	30
Дуленин А.А. Иерархическая классификация сообществ сублиторальной растительности дальневосточных морей России на основе концепции адаптивной зоны	64
Зеленников О.В., Астафуров И.В. О состоянии ихтиоцены в озере Лебедином (о. Итуруп) в осенний период	110
Цыгир В.В. Сима <i>Oncorhynchus masou</i> (Salmonidae) и кижуч <i>Oncorhynchus kisutch</i> (Salmonidae) в бассейне Кучелиновского водохранилища (Приморский край)	119
Цыгир В.В., Барабаншиков Е.И., Колпаков Е.В. Новые данные о джеках сима <i>Oncorhynchus masou</i> (Salmonidae) в водах Приморского края	149
УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ	161
Левченко Е.В., Журавель Е.В. Межгодовая динамика общего растворенного фосфора в зоне обитания прибрежных растительных сообществ (залив Петра Великого Японского моря)	161
АКВАКУЛЬТУРА	172
Макоедов А.Н., Макоедов А.А. Результативность искусственного воспроизводства горбуши и кеты в Сахалино-Курильском регионе	172
Матишов Г.Г., Коротаев Ю.А., Пономарева Е.Н., Макоедов А.Н. Оценка эффективности мероприятий по восстановлению запасов водных биоресурсов Азовского моря	195
Жарников В.С. Опыт прудового выращивания австралийского красноклешневого рака в Московской области	213
ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ГИДРОБИОНТОВ	226
Шульгина Л.В., Якуш Е.В., Бутенко А.Р., Кузнецов Ю.Н., Борисов В.В. Пищевая и биологическая ценность натуральных консервов из мяса латхака <i>Erignathus barbatus</i>	226
МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ	239
Живоглядов А.А. Методологические проблемы количественного учета покатной молоди тихоокеанских лососей рода <i>Oncorhynchus</i> в малых реках Сахалинской области	239

CONTENTS

BIOLOGICAL RESOURCES	3
Baytalyuk A.A., Buslov A.V., Antonenko D.V., Novikov Yu.V. A new "Sardine Era": results of researches and fishery in the first decade	3
Zolotov A.O. Size-age structure, linear growth and maturation of flounders in the Karaginsky and Olyutorsky Bays	30
Dulenin A.A. Hierarchical classification of sublittoral vegetation assemblages in the Far Eastern seas of Russia based on the concept of adaptive zone	64
Zelennikov O.V., Astafurov I.V. On state of the ichthyocen in Lake Lebedinoye (Iturup Island) in autumn season	110
Tsygir V.V. Masu <i>Oncorhynchus masou</i> (Salmonidae) and coho <i>Oncorhynchus kisutch</i> (Salmonidae) salmon in the basin of Kuchelinovskoye Reservoir (Primorsky Region)	119
Tsygir V.V., Barabanshchikov E.I., Kolpakov E.V. New data on jacks of masu salmon <i>Oncorhynchus masou</i> (Salmonidae) in the waters of Primorye Region	149
ENVIRONMENTS OF FISHERIES RESOURCES	161
Levchenko E.V., Zhuravel E.V. Interannual dynamics of total dissolved phosphorus in habitats of coastal plant communities (Peter the Great Bay, Japan Sea)	161
AQUACULTURE	172
Makoev A.N., Makoev A.A. Effectiveness of artificial reproduction of pink and chum salmon in the Sakhalin-Kuril Region	172
Matishov G.G., Korotaev Yu.A., Ponomareva E.N., Makoev A.N. Assessment of effectiveness for the measures to restore the stocks of aquatic bioresources in the Sea of Azov	195
Zharnikov V.S. Experience of pond cultivation of redclaw in the Moscow Region	213
TECHNOLOGY OF HYDROBIONTS PROCESSING	226
Shulgina L.V., Yakush E.V., Butenko A.R., Kuznetsov Yu.N., Borisov V.V. Nutritional and biological value for natural canned meat of bearded seal <i>Erignathus barbatus</i>	226
METHODS OF INVESTIGATIONS	239
Zhivoglyadov A.A. Methodological problems of quantitative assessment for downstream migrating juveniles of pacific salmon gen. <i>Oncorhynchus</i> in small rivers of the Sakhalin Region	239

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; Дзэнь 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 издательства, 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 6.03.2026 г. Формат 70x108/16.

Печ. л. 15,75. Уч.-изд. л. 14,6. Тираж 50 экз.

Заказ № 2. Цена 660 р.

Выход тома в свет 25.03.2026 г.

Отпечатано в издательстве ТИНО

690091, Владивосток, ул. Западная, 10

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ
BIOLOGICAL RESOURCES**

Научная статья

УДК 639.2.053.7:597.541**DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-3-29****EDN: OACWQD****НОВАЯ «САРДИНОВАЯ ЭПОХА»: РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ
И ПРОМЫСЛА ПЕРВОГО ДЕСЯТИЛЕТИЯ****А.А. Байталюк, А.В. Буслов, Д.В. Антоненко, Ю.В. Новиков***Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

Аннотация. Представлены результаты исследований оценок численности дальневосточной сардины иваси в течение последних 10 лет в северо-западной части Тихого океана. Показано, что начиная с 2014 г. сардина стала массово заходить в прикурильские воды на нагул и отмечалась значительная межгодовая и сезонная динамика учетного запаса в этот период. Выявлено, что на нагульные миграции сардины в значительной степени влияют особенности развития океанологических условий в районе взаимодействия течений Куроисио-Ойясио. Промысел сардины российскими рыбаками был начат в 2016 г. и продолжается по настоящее время, максимальный вылов зафиксирован в 2024 г.

Ключевые слова: дальневосточная сардина иваси, учетные съемки, промысел, прикурильские воды, океанологические условия

Для цитирования: Байталюк А.А., Буслов А.В., Антоненко Д.В., Новиков Ю.В. Новая «сардиновая эпоха»: результаты исследований и промысла первого десятилетия // Изв. ТИНРО. — 2026. — Т. 206, вып. 1. — С. 3–29. DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-3-29 EDN: OACWQD.

Original article

A new “Sardine Era”: results of researches and fishery in the first decade**Alexey A. Baytalyuk*, Aleksandr V. Buslov**, Dmitry V. Antonenko***,
Yury V. Novikov******

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

* Ph.D., deputy director — head of branch, aleksei.baitaliuk@tinro.vniro.ru,
ORCID 0009-0003-6956-7988

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

*** 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

* Байталюк Алексей Анатольевич, кандидат биологических наук, заместитель директора — руководитель филиала, aleksei.baitaliuk@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0003-6956-7988; Буслов Александр Вячеславович, кандидат биологических наук, заместитель руководителя филиала, 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; Новиков Юрий Васильевич, главный специалист, iurii.novikov@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0008-5245-6882.

© Байталюк А.А., Буслов А.В., Антоненко Д.В., Новиков Ю.В., 2026

Abstract. Japanese sardine stock assessments in the North-West Pacific are overviewed for the past 10 years on the data of research surveys by midwater trawls in the area at the Pacific side of Kuril Islands in 2014–2024 and fishery statistics. The feeding schools of sardine began to enter the waters at Kuril Islands in 2014, these migrations had significant seasonal and interannual dynamics during the decade under influence of oceanographic conditions in the zone of warm and cold currents interaction. The Russian fishery of sardine started in 2016 and continued until nowadays, with the maximum annual catch recorded in 2024.

Keywords: japanese sardine, iwashi, trawl survey, fishery, South Kuril area, oceanographic conditions

For citation: Baytalyuk A.A., Buslov A.V., Antonenko D.V., Novikov Yu.V. A new “Sardine Era”: results of researches and fishery in the first decade, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2026, vol. 206, no. 1, pp. 3–29. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-3-29. EDN: OACWQD.

Введение

Дальневосточная сардина *Sardinops melanosticta* (Temminck et Schlegel, 1846), народное название иваси, являясь представителем субтропического комплекса рыб северо-западной части Тихого океана, характеризуется значительными колебаниями численности [Новиков, Свирский, 1987; Барышко, 2009; Зуенко, 2011; Дылдин и др., 2020; <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>]. В северо-западной части Тихого океана выделяют 2 популяции сардины — тихоокеанскую и цусимскую, различающиеся районами воспроизводства и нагула. В периоды высокого уровня запасов скопления сардины при нагульных миграциях двигаются от японских островов в северном направлении и распределяются в российских водах, достигая Татарского пролива, прикамчатских вод и южной части Берингова моря, а в восточном — до поднятий Императорского хребта и далее [Дударев, 1985; Барышко, 2009; Ohshimo et al., 2009; Великанов, 2016; Yang et al., 2023].

В прошлом веке было отмечено два периода высокой численности сардины — в 1920–1930-х и 1970–1980-х гг. — с длительностью приблизительно 21 год каждый [Барышко, 2009; Булатов и др., 2016; Шунтов, Иванов, 2021]. Периоды высокой численности дальневосточной сардины («сардиновые эпохи») сопровождаются ее интенсивным промыслом, в результате которого ежегодный суммарный вылов всех стран достигает нескольких миллионов тонн [Nakai, 1962; Кузнецов, 1989; Aoki, Murayama, 1993; Кузнецова, Белорусцева, 2022]. Для отечественного рыбохозяйственного комплекса «вспышки» ресурсов сардины имеют большое значение, поскольку в российских водах формируются районы для эффективного промысла ее нагульных скоплений, а вылов исчисляется сотнями тысяч тонн в год [Дударев, 1985; Беляев, 2003; Барышко, 2009].

Очередной период высокого запаса дальневосточной сардины одними авторами прогнозировался на 2028–2048 гг. [Кляшторин, Любушкин, 2005], другими — на 2020 ± 3 года [Беляев, 2003]. Однако с 2009 г. статистика вылова сардины кошельковыми неводами в водах Японии начала демонстрировать поступательный рост, а в 2014 г. была зафиксирована массовая экспансия сардины в тихоокеанские прикурильские воды России, что обусловило существенные структурные изменения пелагического ихтиоценоза в этом районе [Шунтов, Иванов, 2021; Иванов и др., 2024]. Вместе с тем данное обстоятельство первоначально не расценивалось как факт начала новой «сардиновой эпохи» [Булатов и др., 2016]. Последующие события свидетельствовали о нарастании масштабов нагульных миграций сардины в российские воды, что привело к открытию с 2016 г. ее устойчивого промысла, когда после четвертьвекового перерыва были добыты первые 7 тыс. т. В последующие годы вылов сардины российскими рыбаками значительно интенсифицировался: в 2020 г. он превысил 300 тыс. т, а в 2024 г. достиг рекордной величины — 594 тыс. т. Таким образом, есть все основания считать, что новая «вспышка» численности сардины состоялась и началась примерно на 10–20 лет раньше прогнозируемого срока. При этом с момента массового появления сардины

в российских водах в 2014 г. прошло уже десять лет, что, ориентируясь на примеры прошлого столетия, может составлять почти половину периода высокой численности.

С учетом вышесказанного цель настоящей работы — охарактеризовать в научно-прикладном аспекте первое десятилетие «сардиновой эпохи» XXI века. Для этого были проанализированы океанологические условия, при которых проходили миграции сардины в российские воды, рассмотрены особенности и закономерности ее распределения, динамика количественных и качественных характеристик скоплений сардины за период 2014–2024 гг. Выполнен анализ российского промысла, выявлены его особенности в разные годы с учетом развития океанологических условий, проведено сопоставление с предыдущей вспышкой численности сардины.

Материалы и методы

В работе использованы данные по уловам сардины за 2014–2024 гг., полученным в прикурильских водах во время пелагических траловых съемок в разные периоды года: в июне-июле в ходе стандартных комплексных учетов тихоокеанских лососей на путях преданадромных миграций в Охотское море, в августе-сентябре во время специализированных исследований по сардине и скумбрии (рис. 1). Помимо этого, к анализу привлечены материалы стандартных осенних съемок по учету молоди тихоокеанских лососей на акватории Берингова и Охотского морей [Шунтов, Темных, 2011]. Всего в работе задействованы данные, полученные по результатам 25 траловых съемок (табл. 1). Массовым промерам подвергнуто свыше 100 тыс. экз. сардины.

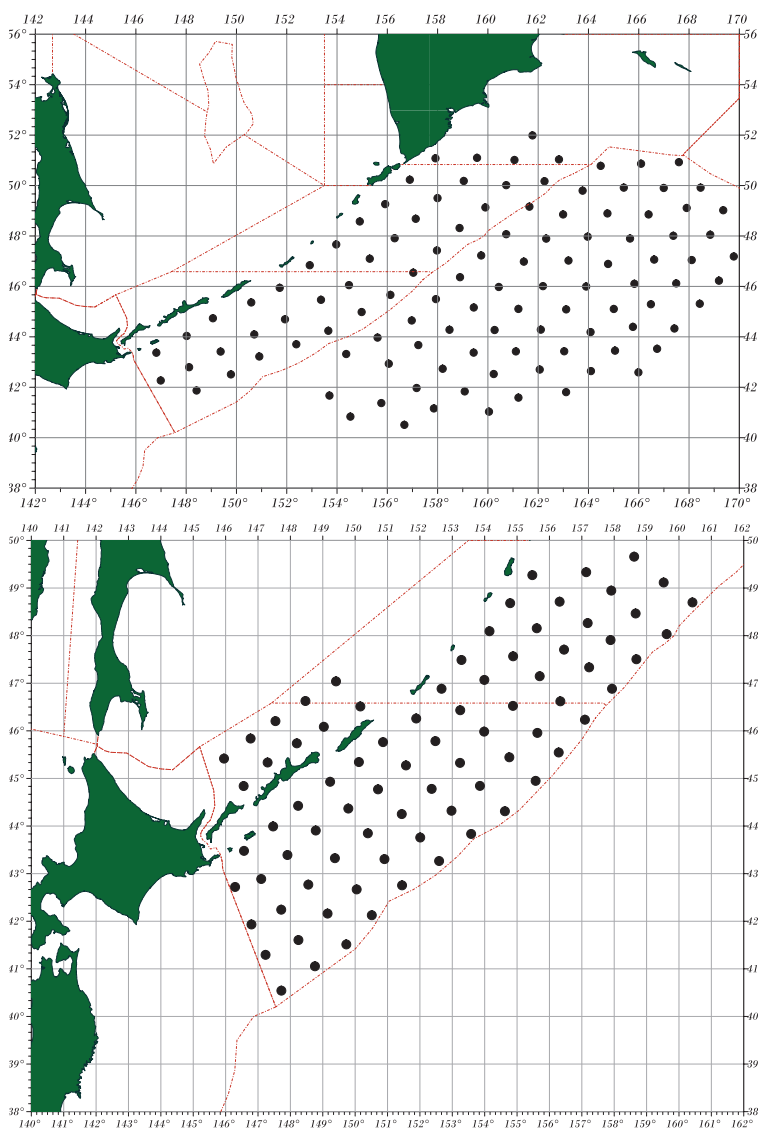


Рис. 1. Схемы стандартных траловых съемок, используемых для учета дальневосточной сардины в июне-июле (**вверху**) и сентябре-октябре (**внизу**)

Fig. 1. Schemes of standard trawl surveys for the Japanese sardine stock assessment in June-July (**top panel**) and September-October (**bottom panel**)

Таблица 1

Перечень траловых съёмок, в которых учитывалась дальневосточная сардина
в период 2014–2024 гг.

Table 1

List of trawl surveys with accounted japanese sardine in 2014–2024

Год	Прикурильские воды, июнь — начало июля	Прикурильские воды, август-сентябрь	Берингово море, сентябрь-октябрь	Охотское море, октябрь-ноябрь
2014	«Профессор Кагановский»	«ТИНРО»	—	—
2015		«Профессор Леванидов»	—	—
2016		«ТИНРО»	—	—
2017			—	—
2018		—	«ТИНРО», «Профессор Леванидов»	—
2019	«ТИНРО»	—	—	—
2020	«Профессор Кагановский»	«ТИНРО»	—	—
2021	«ТИНРО»	«Профессор Кагановский»	«Профессор Кагановский»	«Профессор Кагановский»
2022		—	—	«ТИНРО», «Профессор Кагановский»
2023				
2024		—	—	«Профессор Кагановский»

Численность и биомассу сардины рассчитывали стандартным методом площадей с использованием средней арифметической плотности распределения объектов [Аксютин, 1968].

Для характеристики районов сосредоточения флота и эффективности добычи сардины за период 1980–1990 гг. использовали архивные данные промысловой статистики. Анализ промысла за 2016–2024 гг. осуществляли по данным судовых суточных донесений (ССД), подаваемых в отраслевую систему мониторинга «Рыболовство». Из ССД использовали координаты добывающего судна, где проходил лов в течение суток и суточный вылов. На основе массива данных, собранных за путину, строились карты распределения флота, характеризующие конфигурацию промысловых районов и их динамику во времени.

Анализ океанологических условий, складывающихся в период промысла, проводили по данным ЖМА (Japan Meteorological Agency) и Центра исследований океана НУСОМ. По картам температуры поверхности океана (ТПО) и ее аномалиям анализировали термическую структуру поверхностных вод, сезонные изменения температурного фона.

Положение и координаты центра южнокурильского антициклона, а также его эволюцию в рассматриваемые сезоны идентифицировали по спутниковым инфракрасным изображениям и по картам аномалий скоростей течений, рассчитанных по альтиметрическим данным. Положение Северного субарктического фронта и его сезонные смещения определяли по картам фронтологического анализа (рис. 2).

Типизация лет по развитию океанологических условий (холодный, теплый, аномально теплый) в районе нагула сардины иваси проводилась по положению Северного субарктического фронта относительно многолетних значений, преобладанию аномалий поверхностной температуры.

Результаты и их обсуждение

За период 2014–2024 гг. конфигурация и функционирование основных элементов, определяющих океанологический фон в районе распространения и промысла нагульных

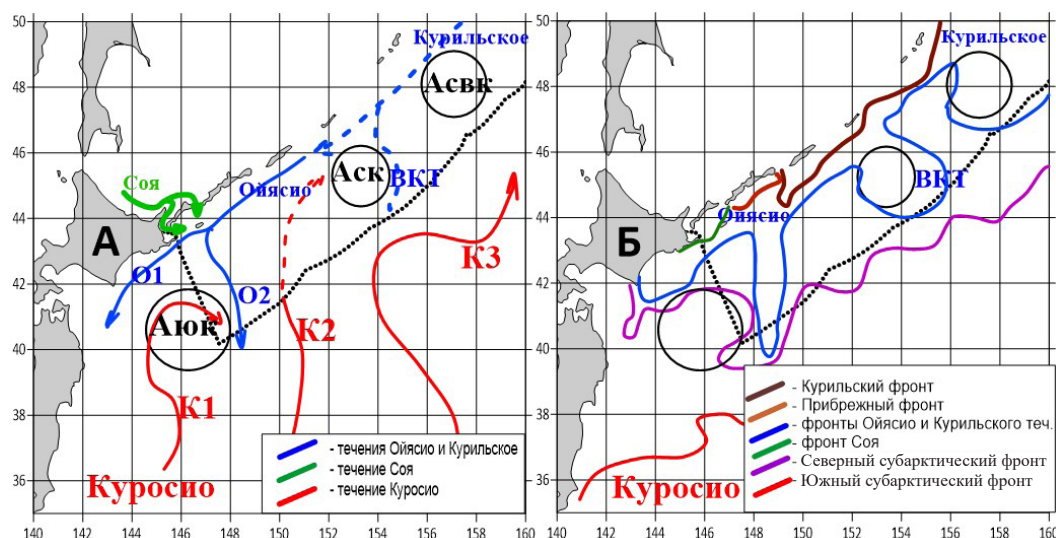


Рис. 2. Схема основных течений и вихрей (А), поверхностных фронтов (Б) в южнокурильском районе в летне-осенний период: *K1, K2, K3* — ветви Кuroшио; *O1* и *O2* — ветви течения Ойясио; *BKT* — восточная ветвь Курильского течения; *Аюк* — южнокурильский антициклонический вихрь, *Аск* — среднекурильский антициклонический вихрь; *Асвк* — северокурильский антициклонический вихрь

Fig. 2. Scheme of the main currents and eddies (А) and surface fronts (Б) in the South Kuril area in summer-autumn: *K1, K2, K3* — branches of Kuroshio; *O1, O2* — branches of Oyashio; *BKT* — eastern branch of Kuril Current; *Аюк* — South Kuril anticyclonic eddy; *Аск* — Middle Kuril anticyclonic eddy; *Асвк* — North Kuril anticyclonic eddy

скоплений сардины, изменялись в межгодовом аспекте (рис. 3, табл. 2). Наблюдается устойчивый тренд на потепление поверхностных вод, особенно отчетливо проявившийся в 2020–2024 гг. [Новиков и др., 2024].

В 2014 г. скопления сардины облавливались преимущественно к югу от 42° с.ш. (рис. 4), а их вклад в состав нектона превысил 40 %. Годом ранее в нектонном сообществе было отмечено доминирование мезопелагического комплекса рыб, доля которого составляла 67 % [Хоружий и др., 2015]. Результаты съемки 2015 г. подтвердили факт начавшейся экспансии сардины в российскую 200-мильную зону и прилегающие к ней открытые океанические воды (рис. 4). Ее скопления распространились заметно севернее — до 44° с.ш., а доля в нектоне возросла до 70 %.

В последующие годы район встречаемости сардины существенно расширился в восточном и северном направлениях, достигнув 46° с.ш. По данным съемок видно, что в июне сардина широким фронтом мигрирует с юга, достигая к июлю 44–46° с.ш. Продвижение ее скоплений на север ограничивает ТПО. Известно, что температурный минимум распространения нагульных скоплений сардины ограничен изотермой около 8 °C: диапазон выше этой температуры считается благоприятным, от 8 до 4 °C — пограничным, менее 4 °C — рыба впадает в состояние оцепенения и погибает [Дударев, 2004; Великанов и др., 2012; Sarr et al., 2021; Longo et al., 2024]. В восточной части района исследований ее авангардные скопления в этот период занимают более северное положение, чем в прикурильских водах. Под действием ветвей холодного течения Ойясио изотерма 8 °C оттесняется в южную часть ИЭЗ России, вследствие чего миграции сардины в прикурильские воды с юга несколько запаздывают по сравнению с восточным флангом ее движущихся скоплений.

Летом и осенью скопления сардины широко распространены и активно мигрируют в северные районы. На картах распределения уловов заметно поступательное увеличение протяженности миграций и количества рыбы в прикурильских водах (рис. 5). В 2014 г.

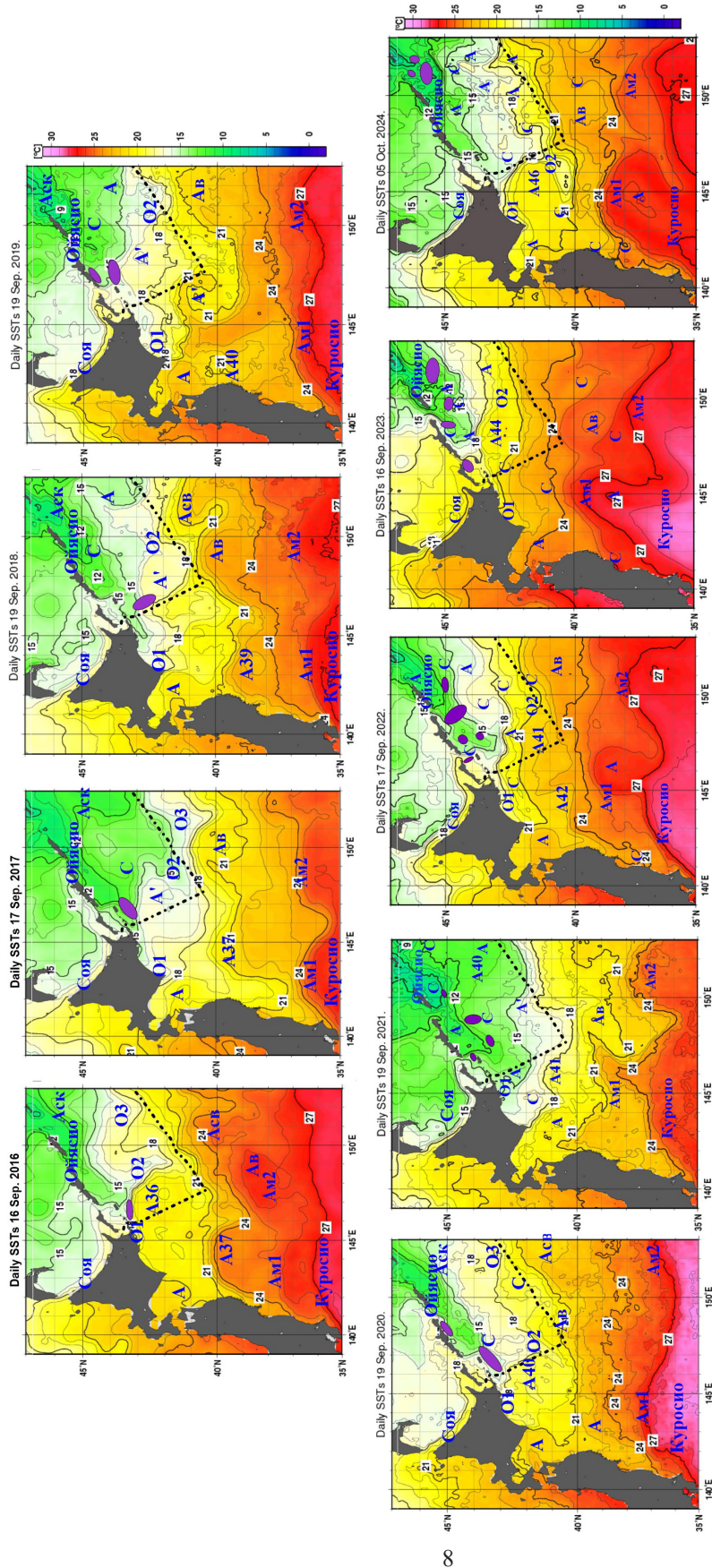


Рис. 3. Поверхностная структура вод южнокурильского района в летне-осенний сезон в 2016–2024 гг. (JMA): A36–A46, A' — южнокурильский вихрь; Aсв, Aв, A — антициклонические вихри; Ам1, Ам2 — меандры Куросио; C — циклонические вихри; O1, O2, O3 — ветви Ойасио. Фиолетовым указаны районы работы российских судов на промысле сардины и скумбрии

Fig. 3. Sea surface water structure in the South Kuril area for the summer-autumn seasons in the years of sardine fishery (2016–2024) by JMA data: A36–A46, A' — South Kuril eddy; Aсв, Aв, A — mesoscale anticyclonic eddies; Ам1, Ам2 — Kuroshio meanders; C — mesoscale cyclonic eddies; O1, O2, O3 — Oyashio branches. Areas of the Russian fishery on sardine and mackerel are colored in purple

Таблица 2

Океанологические условия в прикурильских водах в 2014–2024 гг.

Table 2

Oceanographic conditions in the waters at Kuril Islands in 2014–2024

Год	Тип океанологических условий	Положение южно-курильского вихря относительно Малой Курильской гряды	Развитие ветвей Ойасио		Особенности
			Первая ветвь	Вторая ветвь	
2014	Умеренно холодный	Далекое	Сильное	Сильное	Значительные отрицательные аномалии ТПО зимой и осенью, средние положительные — весной и летом
2015	Нормальный	Близкое	Умеренное	Умеренное	Средние отрицательные аномалии ТПО зимой и осенью, средние положительные — весной и летом
2016	Теплый	Близкое	Слабое	Сильное	Высокие значения ТПО в августе-сентябре и очень быстрое выхолаживание в октябре-ноябре
2017	Умеренно холодный	Далекое	Сильное	Сильное	Прохождение мощных тайфунов в конце лета вызвало значительное выхолаживание ТПО
2018	Теплый	Далекое	Сильное	Умеренное	Необычно высокие темпы весеннего потепления и низкие темпы осеннего выхолаживания
2019	Теплый	Далекое	Умеренное	Слабое	Преобладание положительных аномалий ТПО в течение всего года
2020	Теплый	Близкое	Сильное	Сильное	Преобладание положительных аномалий ТПО в течение всего года
2021	Аномально теплый	Близкое	Слабое	Умеренное	Позднее начало прогрева поверхностных вод и рекордные темпы повышения ТПО в июле-августе
2022	Аномально теплый	Далекое	Слабое	Умеренное	Преобладание значительных положительных аномалий ТПО в течение всего года
2023	Аномально теплый	Далекое	Сильное	Сильное	Преобладание максимальных положительных аномалий ТПО в течение года
2024	Аномально теплый	Далекое	Слабое	Слабое	Преобладание максимальных положительных аномалий ТПО в течение года

сардина облавливалась преимущественно по границе российской 200-мильной зоны, в 2015 г. она встречалась на акватории вплоть до 45° с.ш., но при этом на значительном удалении от южных Курильских островов. В 2016 г. ее скопления распространялись практически по всему южнокурильскому району, в том числе и у о-вов Кунашир и Итуруп (рис. 5). После 2017 г. область распространения сардины значительно превышала районы, охваченные учетными съемками в северо-западной части Тихого океана. Начиная с 2018 г. в сентябре-октябре она отмечалась в юго-западной части Берингова моря и прикамчатских водах, а также в октябре-ноябре в южной части Охотского моря, где достигала побережья о. Сахалин.

Исходя из оценок, полученных по результатам траловых съемок, с 2014 по 2017 г. происходило увеличение запасов сардины, заходящей на нагул в прикурильские воды

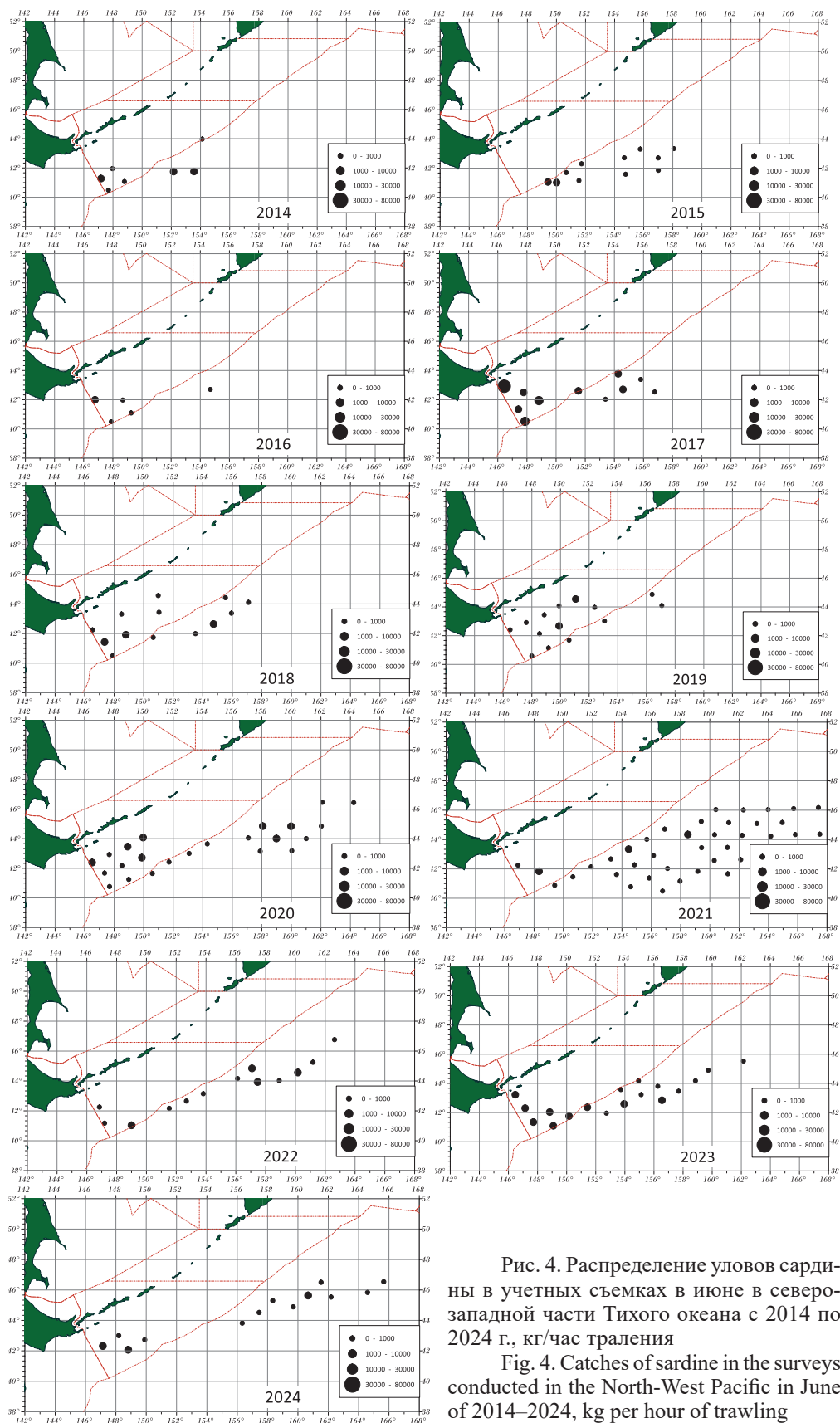


Рис. 4. Распределение уловов сардины в учетных съемках в июне в северо-западной части Тихого океана с 2014 по 2024 г., кг/час траления

Fig. 4. Catches of sardine in the surveys conducted in the North-West Pacific in June of 2014–2024, kg per hour of trawling

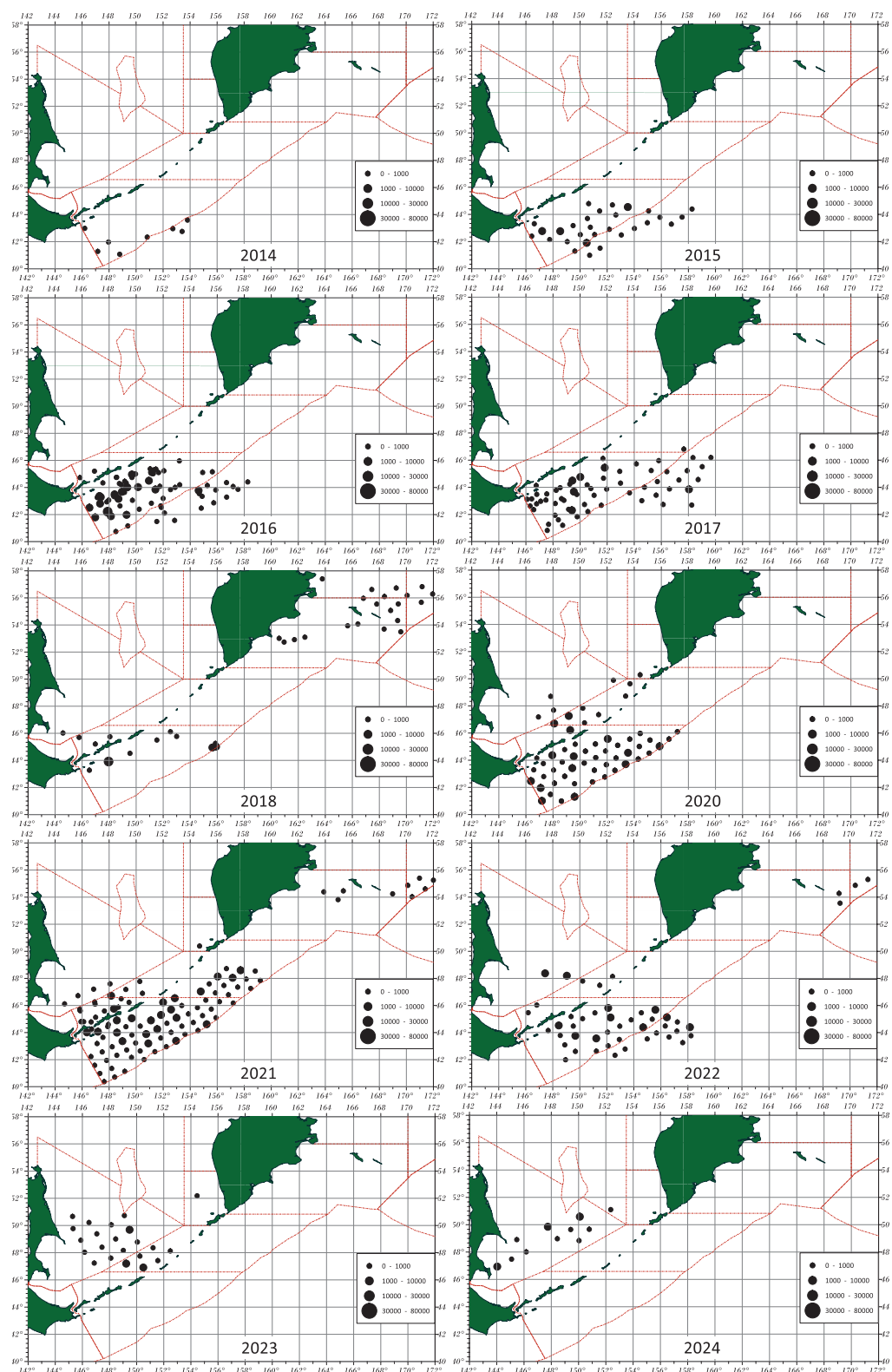


Рис. 5. Распределение уловов сардины в учетных съемках в августе-сентябре и в октябре-ноябре в северо-западной части Тихого океана с 2014 по 2024 г., кг/час траления

Fig. 5. Catches of sardine in the surveys conducted in the North-West Pacific in August-September and October-November of 2014–2024, kg per hour of trawling

(рис. 6). Ее биомасса увеличилась с 0,4 до 3,2 млн т. В 2020 г. биомасса была оценена в 2 съемках на уровне 2 млн т, и в дальнейшем оценка запаса не опускалась ниже 1 млн т, вплоть до 2024 г. (рис. 6). За анализируемый в настоящей работе ряд съемок ресурсы сардины дважды оценивались величиной более 3 млн т — летом 2017 г. и осенью 2021 г. Последующая динамика оценок не позволяет сделать однозначный вывод о тенденциях изменения запаса, но в целом может свидетельствовать о некоторой стабилизации на относительно высоком уровне. Однако следует заметить, что этот уровень пока далек от такового 1980-х гг., когда биомасса сардины в северо-западной части Тихого океана достигала 10–20 млн т [Свирский, Абакумов, 1989; Беляев, 2003].

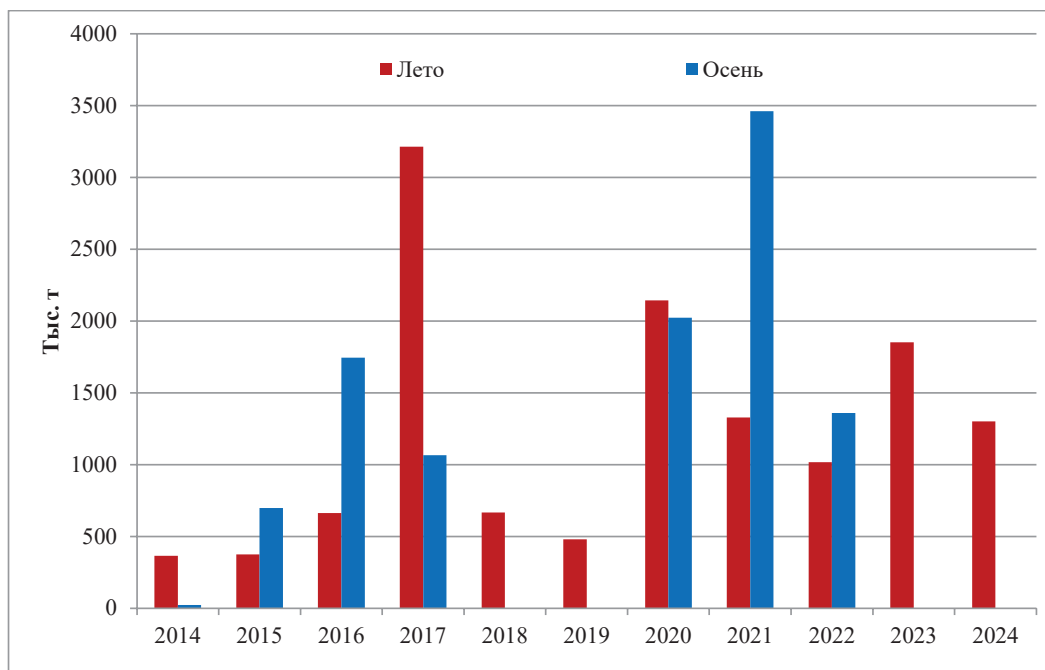


Рис. 6. Оценки запаса сардины в прикурильских водах по результатам летних и осенних съемок 2014–2024 гг.

Fig. 6. Estimates of the sardine stock in the waters at Kuril Islands on the results of summer and autumn surveys in 2014–2024

Анализ размерного состава сардины в уловах показал сезонную и годовую динамику. Период 2014–2017 гг. характеризовался существенными межсезонными различиями размерно-возрастного состава. В июне средняя длина превышала 200 мм, в августе–сентябре снижалась на 20 мм и более (рис. 7). Такая особенность объясняется прежде всего тем, что в начале лета на нагул первыми мигрировали взрослые крупные особи, а затем с прогревом поверхностных вод подходили сеголетки и годовики. С 2018 г. тенденция сезонной динамики размерного состава изменилась: длина сардины, облавливаемой в начале лета, заметно снижалась и колебалась в диапазоне 164–189 мм. При этом к осени данный показатель если и уменьшался, то незначительно, а в большинстве случаев средние размеры рыб в августе–сентябре закономерно увеличивались за счет линейного роста.

Отмечены региональные особенности размерно-возрастного состава сардины, мигрирующей в удаленные районы нагула. В южной части Охотского моря за период исследований встречались сеголетки, взрослые особи, и средняя длина в этом районе практически не отличалась от тихоокеанских прикурильских вод, в южной части Берингова моря во время съемок в уловах доминировала молодь (рис. 8).

С началом специализированного промысла пелагических рыб в водах южных Курильских островов в 2016–2017 гг. сардина добывалась как прилов к скумбрии,

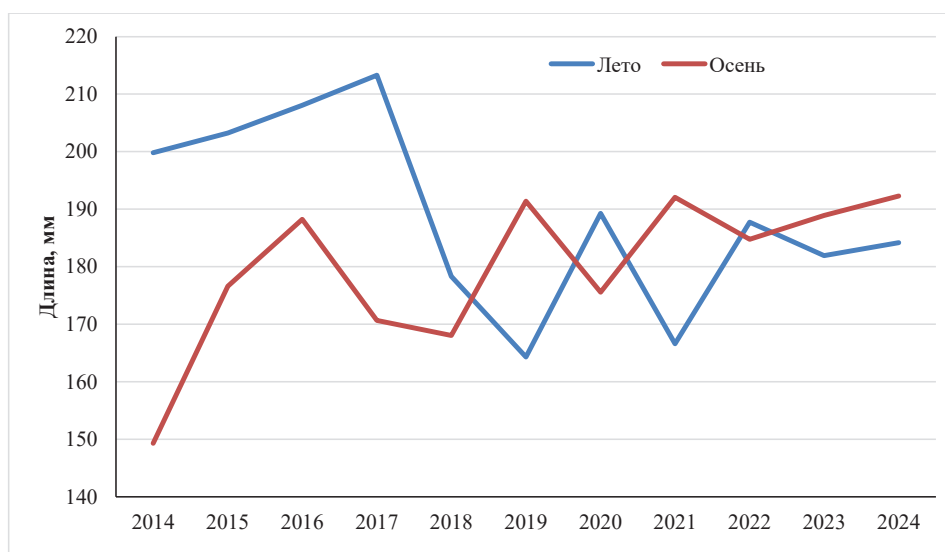


Рис. 7. Динамика средних размеров сардины по результатам съемок в июне-июле (лето) и в августе-сентябре (осень) в северо-западной части Тихого океана в 2014–2024 гг., мм

Fig. 7. Dynamics of average body size for sardine on the results of summer (June-July) and autumn (August-September) surveys in the North-West Pacific in 2014–2024, mm

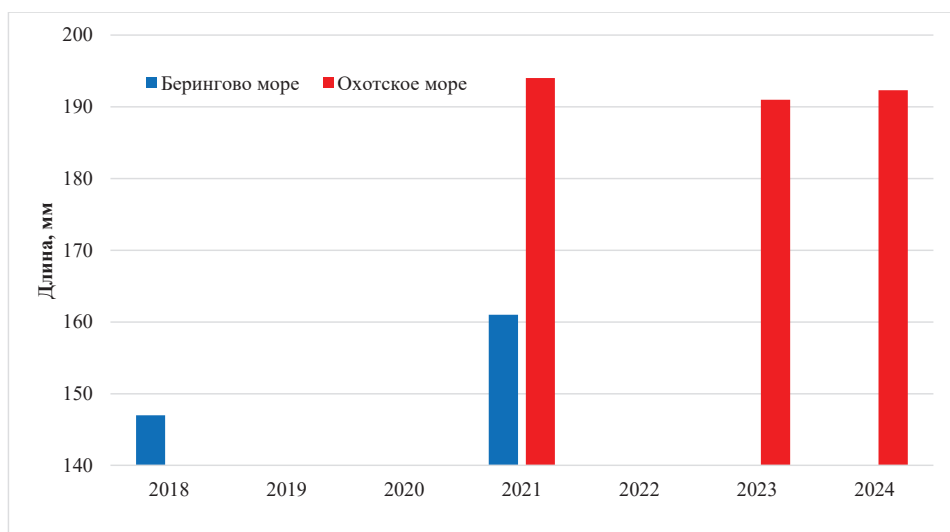


Рис. 8. Средние размеры сардины из уловов учетных съемок в южной части Берингова и Охотского морей, мм

Fig. 8. Average size of sardine in the catches of trawl surveys in the southern parts of the Bering and Okhotsk Seas, mm

которая доминировала по величине вылова (рис. 9, 10). Такая ситуация была характерна и для предыдущего периода высокой численности сардины [Барышко, 2009; Кузнецова и др., 2021]. Начиная с 2019 г. вылов сардины стал быстро увеличиваться, а скумбрии — снижаться из-за низких подходов в ИЭЗ России [Кручинин и др., 2022].

Добыча сардины в 2016 г. началась в середине июля в районе Малой Курильской гряды. До середины сентября суда вели лов на фронтах северо-восточной периферии южнокурильского антициклона и первой ветви Ойясио. В течение осени районы промысла смещались на юго-восток к границе ИЭЗ России вдоль фронтов восточной периферии южнокурильского вихря и второй ветви Ойясио (см. рис. 3, 10). Изна-

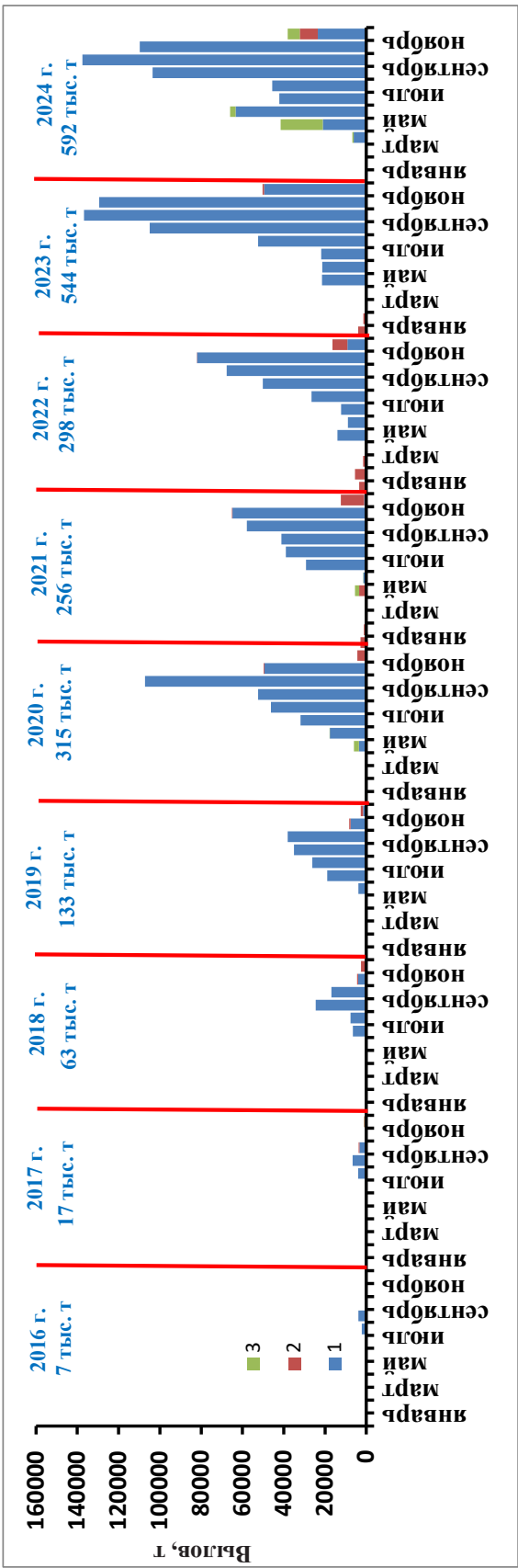
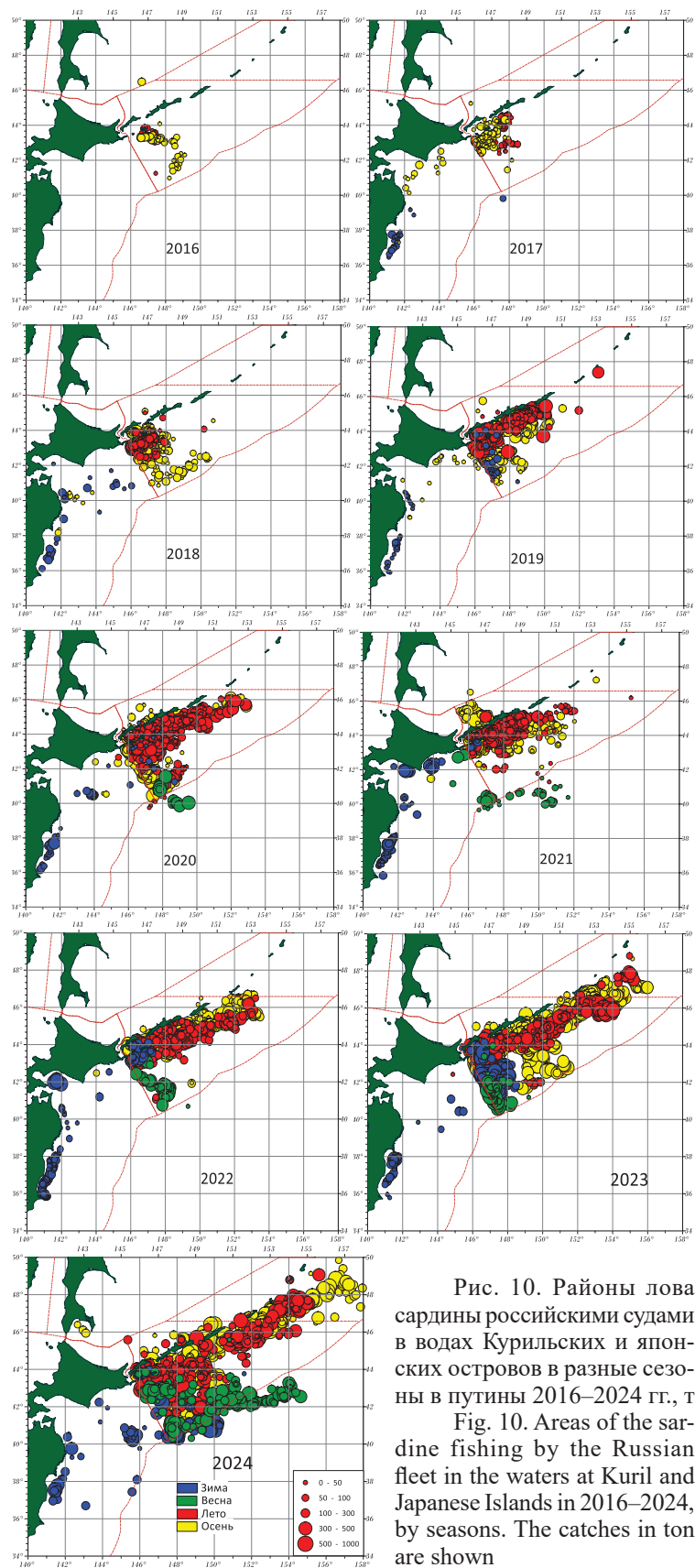


Рис. 9. Помесячный вылов сардины (т) отечественным флотом в 2016–2024 гг.: 1 — в ИЭЗ РФ; 2 — в ИЭЗ Японии; 3 — в открытых водах
Fig. 9. Monthly catch of sardine (t) by the Russian fleet in 2016–2024: 1 — within the exclusive economic zone of Russia; 2 — within the exclusive economic zone of Japan; 3 — beyond the exclusive economic zones

начально эффективность лова не превышала 5 т на судо-сутки, в августе она увеличилась до 22, в сентябре достигла 29 т на судо-сутки. В октябре этот показатель начал снижаться, и в середине ноября промысел был завершен. Всего в 2016 г. в промысле принимало участие 17 добывающих судов разного тоннажа (рис. 11). Максимальный вылов сардины пришелся на август и сентябрь (рис. 12).

В промысле сардины 2017 г. участвовало 30 судов, оснащенных пелагическими травами, и 2 судна — кошельковыми неводами. В течение лета сардину добывали на фронтах южнокурильского вихря у о-вов Шикотан и Итуруп. В первой половине октября флот сместился южнее на фронты второй ветви Ойясио, а к концу месяца передислоцировался в район первой ветви. Часть судов в это же время перешла на промысел в ИЭЗ Японии, где лов продолжался до конца декабря (см. рис. 3, 10). Общий вылов сардины российскими судами в 2017 г. составил 17 тыс. т, большая часть которого пришлось на сентябрь (см. рис. 9).

Промысел 2018 г. был начат в последней декаде июня 3 судами. По мере его развертывания количество флота возрастало и достигло максимума в октябре — 35 ед., всего в добыче в течение сезона приняли участие 52 судна (см. рис. 11). В течение июля-сентября районы добычи сардины были приурочены к фронтам северо-восточной периферии южнокурильского вихря и первой ветви Ойясио (см. рис. 3, 10). В октябре в связи со снижением градиентов этих фронтов промысловые



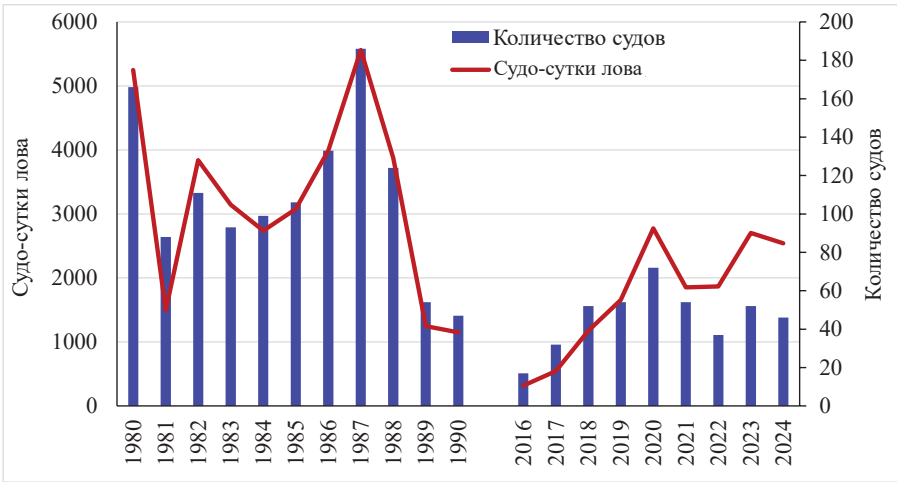


Рис. 11. Количество судов на промысле сардины и судо-суток лова в путины 1980–1990 и 2016–2024 гг. в северо-западной части Тихого океана

Fig. 11. Number of vessels and vessel-days for the sardine fishery in the North-West Pacific in 1980–1990 and 2016–2024

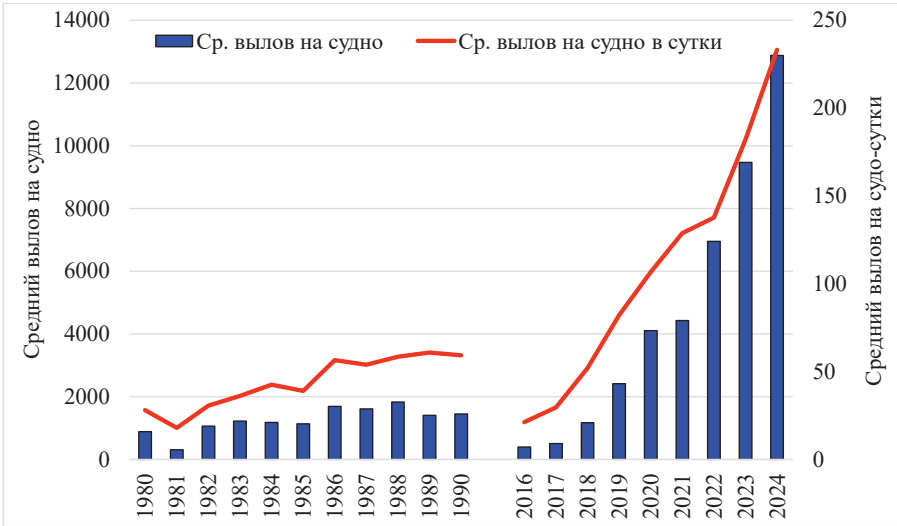


Рис. 12. Средний вылов сардины на судно за путину и средний вылов на судо-сутки лова в 1980–1990 и 2016–2024 гг. в северо-западной части Тихого океана, т

Fig. 12. Average annual catch of sardine per vessel and average CPUE (catch per vessel-day) in the North-West Pacific in 1980–1990 and 2016–2024, t

участки формировались на юго-востоке района на фронтах второй ветви Ойясио. С середины ноября суда стали переходить в 200-мильную зону Японии. Общий вылов в 2018 г. составил 63 тыс. т, а эффективность промысла увеличилась по сравнению с предыдущими путинами (см. рис. 12). Как и годом ранее, 2 судна в экспедиции работали кошелевыми неводами.

Интенсификация сардиновой путины произошла в 2019 г., когда вылов по итогам года составил 133 тыс. т. Промысел начался в середине июня. В это время лов осуществляли 3 крупнотоннажных судна, добывая в среднем 322 т сардины за судо-сутки. В течение путины количество судов достигло 39 ед. в октябре, а всего в промысле принимали участие 54 судна (см. рис. 11). До конца июля промысел сардины велся на фронте северо-восточной периферии южнокурильского вихря и первой ветви Ойясио. В августе-октябре промысловые участки располагались вдоль о-вов Кунашир,

Итуруп и Уруп. К ноябрю они вновь вернулись на фронт северо-восточной периферии южнокурильского антициклона (см. рис. 3, 10). Часть судов с начала ноября перешла в 200-мильную зону Японии, однако эффективность лова там была невысокой и составила в среднем 11 т на судно-сутки. Отличительной чертой промыслового сезона 2019 г. стала его продолжительность в ИЭЗ России, лов шел до 20 декабря. Кроме того, существенно выросла эффективность лова — в среднем 82 т за судно-сутки, а за весь сезон на одно судно пришлось 2413 т выловленной сардины (см. рис. 12).

В 2020 г. в конце апреля промысел сардины был начат за пределами ИЭЗ России. В июне количество добывающих судов увеличилось до 14, а максимум составил 62 ед. в октябре. Общее количество судов, задействованных на промысле сардины, возросло до 72 ед. (см. рис. 11). До середины июня промысел велся на юге района на фронтах восточной периферии южнокурильского вихря и второй ветви Ойясио, в июне-июле — на фронте первой ветви Ойясио, в июле — середине октября — на фронте Ойясио вдоль о-вов Итуруп и Уруп, а с середины октября до первой декады декабря — на фронтах восточной и северо-восточной периферии южнокурильского вихря (см. рис. 3, 10). Часть судов с начала ноября перешла в 200-мильную зону Японии, значительное количество судов продолжало лов в южнокурильском районе до 17 декабря. Всего в 2020 г. было добыто 315 тыс. т сардины. Средний вылов на судно-сутки достиг 102 т, при этом в сезонной динамике этот показатель был максимальным в мае — 377 т. Вылов на 1 судно за промысловый сезон составил 4109 т (см. рис. 12).

Начало путины 2021 г. стало продолжением промысла 2020 г. — 4 крупнотоннажных судна приступили к добыче сардины в водах Японии 7 января. Эффективность промысла составила 59 т на судно-сутки лова. К особенностям путины 2021 г. можно отнести работу флота весной за пределами ИЭЗ России, летом и осенью промысел велся на фронтальных зонах потока Ойясио вблизи Курильской гряды, а также с охотоморской стороны (см. рис. 10). В осенний период 2021 г. устойчивые промысловые участки начали формироваться непосредственно в Южно-Курильском проливе. Эта тенденция сохранилась и в последующие годы. Общий российский вылов сардины составил 256 тыс. т. Максимальное количество судов, одновременно находящихся на лову, достигало 40 ед. и пришлось на октябрь, а всего в промысле принимали участие 54 добытчика разного тоннажа. В целом за путину средняя эффективность лова составила 129 т на судно-сутки, а средний вылов на судно за сезон — 4424 т (см. рис. 12).

Добыча сардины в 2022 г. началась в январе в водах Японии. Промысловые показатели зимой и в начале весны составили 82 т на судно-сутки. В мае 4 судна продолжили лов в ИЭЗ России с показателями 281 т на судно-сутки. Летом и осенью промысел велся в тихоокеанских водах южных и средних Курильских островов на фронтах среднекурильского антициклонического вихря с выходом отдельных судов в Северо-Курильскую зону. В ноябре и декабре промысел продолжался в зоне России благодаря аномальному прогреву поверхностных вод летом и медленному сезонному выхолаживанию (см. рис. 10). Общий вылов сардины российскими судами составил 298 тыс. т. Наибольшее количество судов, одновременно находящихся на лову, пришлось на октябрь и составило 29 ед. Всего в промысле приняли участие 37 судов (см. рис. 11). В среднем за путину вылов на судно-сутки лова оказался рекордным с 2016 г. — 138 т, как и средний вылов на судно за путину, — 6955 т (см. рис. 12).

В 2023 г. добыча сардины началась в январе в водах Японии и продолжалась до середины февраля. Эффективность промысла у берегов японских островов оставалась на уровне прошлых лет — 88 т на судно-сутки лова. В мае лов сардины продолжился в пределах ИЭЗ России. Численность добывающего флота в этот период составила 13 ед., а средний улов на судно-сутки достигал 190 т. До осени районы работы судов были приурочены к фронтальным разделам на акватории Южно-Курильской зоны. Кроме того, успешный промысел велся в Северо-Курильской зоне на Курильском фронте и фронтальных зонах северокурильского антициклона и Курильского течения

(см. рис. 3, 10). Лов сардины в ИЭЗ России продолжался до 29 декабря, по итогам года добыли 544 тыс. т. Максимальное количество судов на лову традиционно приходилось на сентябрь-октябрь и составило 30 ед., а всего в путине приняли участие 52 судна (см. рис. 11). Средние промысловые показатели за путину вновь оказались рекордными — 182 т на судно-сутки и 9470 т выловленной сардины на судно.

В 2024 г. добыча сардины, как и в предыдущие три сезона, была начата в январе в водах Японии. Результативность была низкой, а суммарный вылов составил всего 478 т. В ИЭЗ России устойчивый промысел шел с третьей декады апреля. Отличительной чертой этого года была замедленная миграция косяков сардины в течение мая в традиционные районы лова. В начале путины лов велся на обширной акватории на фронтах южнокурильского вихря и субарктическом фронте, с выходом судов за пределы ИЭЗ. В дальнейшие месяцы распределение уловов сардины было близко к таковому в 2022 и 2023 гг. (см. рис. 10). В ИЭЗ России промысел продолжался до 25 декабря. Максимальное количество судов на лову составило 18 ед. в октябре, а всего в путине приняло участие 43 судна (см. рис. 11). Количество судно-суток лова за путину составило 2292, что оказалось ниже показателя предыдущей путины (2703). При этом вновь был обновлен рекорд по показателю среднего вылова на судно-сутки — 230 т — и добыче на судно за путину — 12882 т (см. рис. 12). На этом фоне и годовой вылов дальневосточной сардины отечественным флотом оказался рекордным — 592 тыс. т.

Протяженность нагульных миграций массовых пелагических рыб в северной части Тихого океана определяется уровнем их численности, особенностями океанологической структуры района и положением фронтальных зон [Кун и др., 1978; Беляев, 2003].

Как следует из результатов траловых съемок, с увеличением учитываемой численности сардины расширялись районы ее встречаемости, причем во время как летних съемок, так и осенних (см. рис. 4–6). Наиболее протяженные миграции сардины были характерны для 2020–2024 гг., когда при высоких оценках ее биомассы скопления глубоко проникали в южную часть Охотского и Берингова морей. По мере роста запасов сардины вместе с протяженностью миграций изменялись и их сроки. Это подтверждается сезонной динамикой промысла. Если в первые годы его становления рыба мигрировала в российские воды в июне-июле, а покидала их в начале ноября, то с увеличением численности сроки начала и завершения нагульных миграций сардины, а соответственно и промысла, сдвинулись на май-декабрь.

Этому способствовали и изменения, происходящие в районе взаимодействия течений Ойясио-Курисио. Начиная с 2018 г. развитие океанологических условий в прикурильских водах происходило по типу теплых лет (табл. 2). Отличительной чертой таких лет являются высокие темпы весеннего потепления и низкие темпы осеннего выхолаживания. С 2021 по 2024 г. гидрологический режим рассматриваемого района можно охарактеризовать как аномально теплый, характерная черта таких лет — преобладание максимальных положительных аномалий в течение года [Новиков и др., 2024].

На весну приходится максимальная эффективность лова, которая за все рассматриваемые годы промысла составила в среднем 186 т на судно-сутки лова (рис. 13, а). В этот период сардина начинает нагульные миграции из районов зимовки, скопления находятся в компактном состоянии, а их распространение ограничивается изотермой 8 °С. Однако стоит отметить, что после зимовки и нереста сардина характеризуется отсутствием жировой прослойки, которую она нагуливает в течение лета и осени. На весенний период приходится наименьшее количество добывающего флота. Так, с 2016 по 2024 г. в весеннем промысле принимало участие 28 ед., что соответствует 10 % от общего количества судов, добывавших сардину в течение 9 путин. За этот период было отработано 508 (3 %) судно-суток лова, что является минимальным показателем для всех сезонов. Соответственно, на весну приходился и наименьший вылов в течение года — 5 % (рис. 13, б–г).

В летние месяцы в связи с прогревом поверхностных вод скопления сардины распределяются на обширной акватории, доходя до северных Курильских островов. По результатам всех путин можно констатировать, что на летний период приходился 21 % среднегодового вылова сардины, а средний вылов на судо-сутки лова составил 122 т (рис. 13).

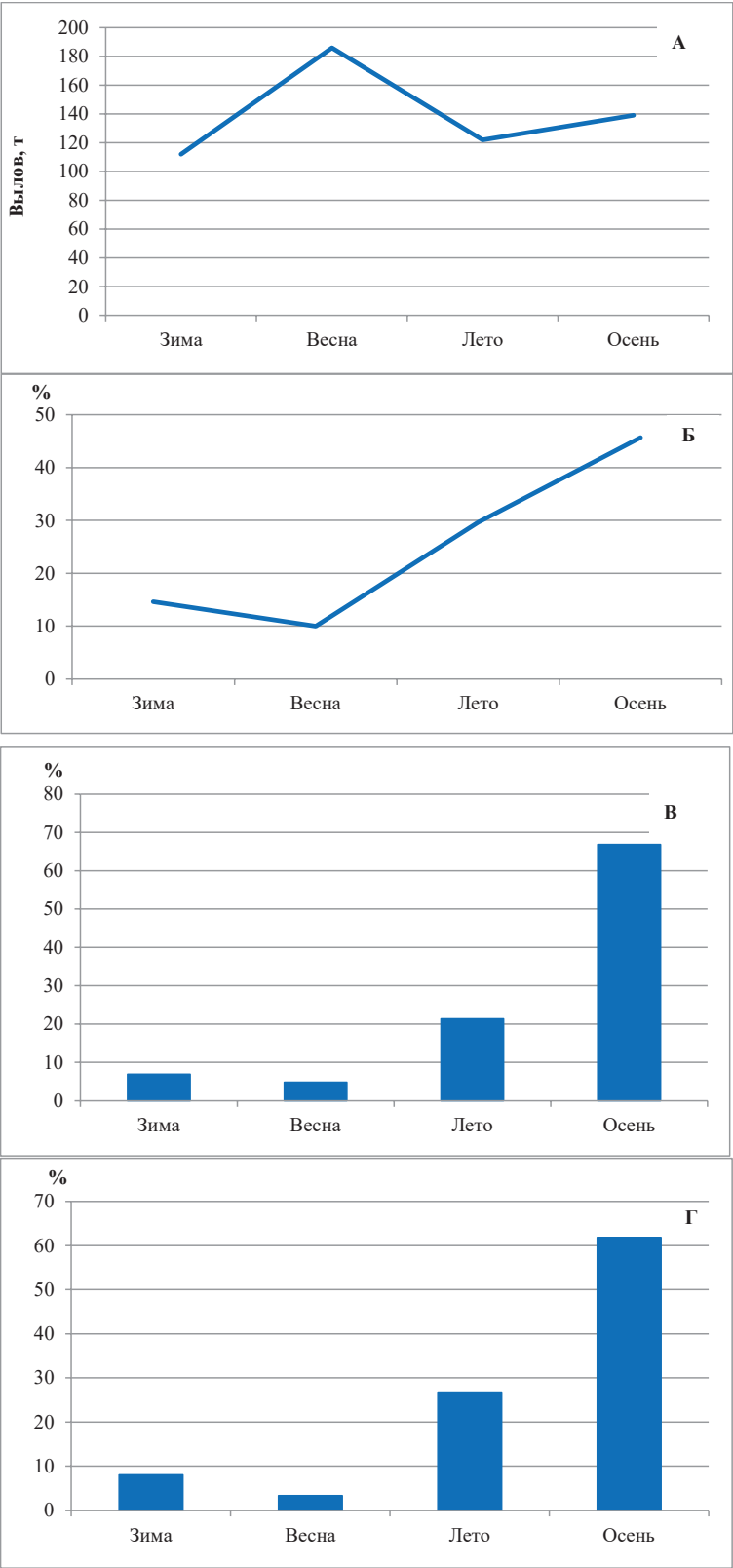


Рис. 13. Сезонная динамика промысловых показателей в путины 2016–2024 гг.: **А** — средний вылов на судо-сутки лова (т); **Б** — соотношение количества добывающих судов на промысле (%); **В** — доля в общем вылове (%); **Г** — соотношение судо-суток лова (%)

Fig. 13. Seasonal dynamics for fishing activity of the sardine fishery averaged for 2016–2024: average catch per vessel-day of fishing, t (**A**), number of fishing vessels relative to their total annual number, % (**B**), total catch by season, % (**B**), number of vessel-days of fishing by season, % (**Г**)

Первая половина осени характеризуется максимальным распространением сардины на север и восток, а во второй — начинаются миграции в районы зимовки и нереста к побережью японских островов. В этот сезон в промысле принимает участие наибольшее количество добывающих судов (46 %), обеспечивающих 62 % судо-суток лова. Также на этот период приходится максимальный вылов — 67 %, а эффективность лова составила 139 т на судо-сутки (рис. 13). В первые годы промысла (2016–2018 гг.) лов сардины в российской экономзоне заканчивался к середине ноября по причине того, что скопления промыслового характера уходили в воды Японии, однако с 2019 г. добыча сардины продолжалась в южнокурильском районе до конца декабря. Интенсивный прогрев поверхностных вод и медленное сезонное выхолаживания в 2021–2024 гг., а также большое количество сардины, заходящей в прикурильские воды и распространяющейся на нагул на обширной акватории, обуславливали поздние и длительные миграции в район зимовки, когда сардина задерживалась в водах южных Курильских островов до января. Так, в южнокурильском районе с охотоморской стороны у о. Кунашир осенью 2022 и 2023 гг. в зоне антициклонического вихря образовывался участок с теплой водой, который наблюдался до середины января. На скоплениях сардины и скумбрии, нагуливавшихся в этом районе, промысел велся во второй половине декабря — начале января, что было не характерно для предыдущих периодов промысла. Шторма в начале января приводили к перемешиванию вод и быстрому их охлаждению, что вызывало гибель рыб, не переносящих температуры ниже 4–5 °С, и массовым выбросам на побережье о-вов Кунашир и Хоккайдо.

Зимой промысел сардины велся главным образом в пределах ИЭЗ Японии, и только в последние годы в декабре лов осуществлялся в прикурильских водах. В целом в зимние месяцы эффективность промысла сардины минимальна по сравнению с другими сезонами и составила 112 т на судо-сутки лова. Доля вылова в зимние месяцы — 7 %, а количество добывающих судов за весь период — 41 ед. (15 %), судо-суток лова с 2016 по 2024 г. — 1220, что составляет около 8 % (рис. 13). Стоит учитывать, что традиционно основным объектом лова зимой в водах Японии является скумбрия, сардина присутствует в качестве прилова.

Рассматривая динамику промысла в течение года, видим, что основной вылов формируется за три осенних месяца (см. рис. 9). В 2016–2018 гг. максимальная добыча сардины приходилась на сентябрь, следующие два года — на октябрь, а в 2021–2022 гг. — на ноябрь. В 2023–2024 гг. сардиновая путина имела ярко выраженный пик с добычей более 300 тыс. т за сентябрь–ноябрь с некоторым преимуществом в октябре. Период промысла за девять лет существенно расширился. Если в первые годы сардину облавливали в течение 2–3 мес., то на современном этапе сезон ее добычи длится 9 мес. и включает российскую и японскую экономзоны, а также воды за их пределами.

Активизация промысла в осенний период объясняется как природными факторами (формирование условий, благоприятных для образования скоплений пелагических рыб), так и производственными (качество сырца для переработки, уменьшение производственных потерь флота при транспортировке на береговые предприятия). Во-первых, качество добываемого сырца в это время заметно лучше, чем весной и летом, за счет высокой жирности нагульной сардины. Во-вторых, при осенних миграциях в южном направлении сардина образует скопления в непосредственной близости от южных Курильских островов, что делает экономически эффективной ее добычу и доставку на береговые перерабатывающие предприятия [Буслов, Байталюк, 2023].

Снижение производственных потерь зависит от структуры флота и способов добычи. В текущий период основная доля вылова (95 %) приходится на разноглубинные тралы [Байталюк и др., 2024]. В 2016–2024 гг. в промысле сардины участвовало всего 6 судов, оснащенных кошельковым неводом. При этом сравнение эффективности промысла среднетоннажных судов типа СТР, оснащенных разноглубинными тралами и кошельковыми неводами, показывает, что первые в среднем добывали 46 т сардины

на судо-сутки лова, что оказалось практически в 2 раза ниже эффективности кошелькового невода (рис. 14).

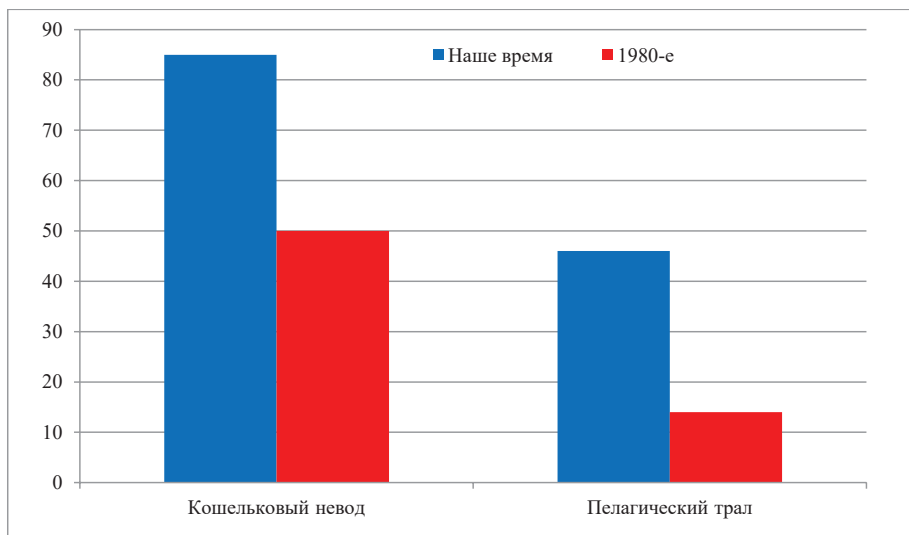


Рис. 14. Эффективность лова среднетоннажных судов с кошельковым неводом и пелагическим тралом на промысле сардины в 1980–1990 гг. и в современный период (2016–2024 гг.), т/судо-сутки

Fig. 14. CPUE for medium-tonnage vessels with purse seine and midwater trawl operated with sardine in 1980–1990 and 2016–2024, t per vessel-day

Для сравнения — в структуре вылова в 1980-х гг. основная доля приходилась на кошельковые невода (94 %). При этом количество судов, оснащенных кошельковыми неводами, составляла 64 %. В целом эффективность лова была значительно ниже современных показателей. В среднем вылов на судо-сутки лова у судов с кошельковым неводом был равен 50 т, у судов с пелагическим тралом — 14 т (рис. 14). Такое различие в показателях объясняется, во-первых, изменением технологии добычи и переработки сырья, качеством поисковой аппаратуры; во-вторых, изменением структуры добывающих судов. В 1980-х гг. основной вылов (98 %) приходился на среднетоннажные суда, но в настоящее время преобладающий вклад в вылов вносят крупнотоннажные суда (82 %).

Большое количество различий периодов промысла сардины иваси 1970–1980 и 2014–2024 гг. существует и в других областях, например связанных с климато-океанологическими факторами. В текущий период средние температуры поверхности воды в нагульный период в районе южных Курильских островов значительно выше (на 2–4 °C) показателей 1980-х гг. [Antonenko et al., 2024]. Анализ распределения районов лова в 1970–1980-х гг. показал, что в первое десятилетие промысел фактически круглогодично был приурочен к водам японских островов (с введением экономзон в 1982 г. в пределах ИЭЗ Японии). К середине 1980-х гг. районы добычи стали смещаться в прикурильские воды. В целом за 1980-е гг. вылов сардины в водах Японии составил 40 %, в то время как в настоящее время этот показатель менее 4 % (рис. 15).

Механизмы увеличения численности дальневосточной сардины в разные периоды неодинаковы [Шунтов, Васильков, 1981]. Очевидно, что этот вывод справедлив и для современной «сардиновой эпохи». Например, во второй половине прошлого века вспышка численности сардины отмечалась практически одновременно у тихоокеанской и цусимской популяций [Шунтов, Васильков, 1981]. В настоящее время значительный рост численности тихоокеанской популяции наблюдался с 2010 г., в то время как численность цусимской популяции до 2019 г. находилась на низком уровне. В последние годы отмечено увеличение запасов сардины в Японском море, однако текущий их уровень еще далек от значений биомассы 1980-х гг. [Fujinami et al., 2024].

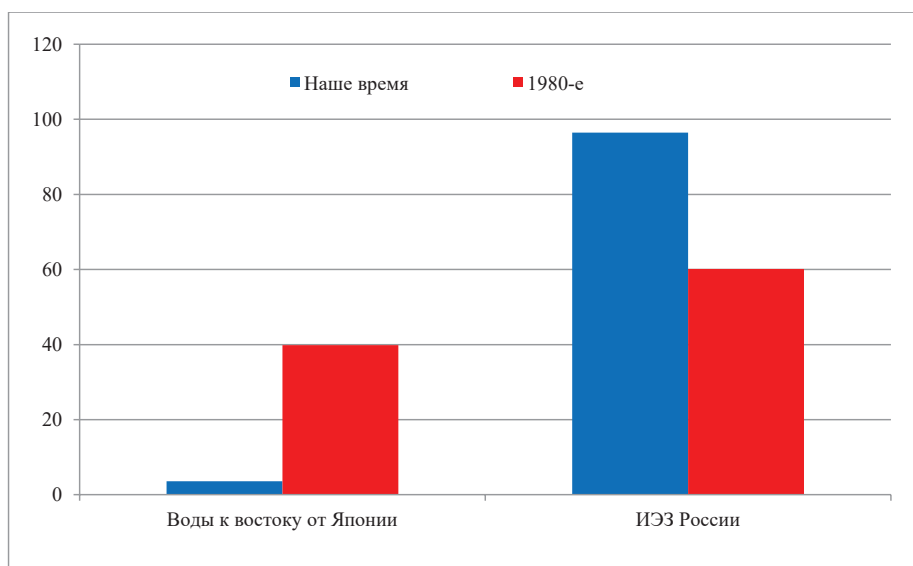


Рис. 15. Доля вылова сардины у берегов Японии и ИЭЗ России в 1980–1990-е гг. и в современный период (2016–2024 гг.), %

Fig. 15. Ratio of the sardine annual catches in the exclusive economic zones of Japan and Russia in 1980–1990 and 2016–2024, %

Вместе с тем в настоящее время и в северной части Тихого океана уровень запасов сардины еще не достиг высоких показателей 1980-х гг. Биомасса сардины в северо-западной части Тихого океана в середине 1980-х гг. составляла 13 млн т [Kamimura et al., 2022], а пиковая биомасса сардины здесь могла достигать до 20 млн т [Дударев, Галеев, 2021]. Современные оценки по данным учетных съемок не превышают 3,5 млн т в водах, прилегающих к Курильским островам, а общая оценка запаса для северо-западной части Тихого океана составляет около 5 млн т*. Причиной невысокого современного уровня запасов сардины относительно уровня 1980-х гг., по мнению Kamimura с соавторами [2022], является невысокое обилие зоопланктона, основной пищи сардины в летний период в тихоокеанских водах о-вов Хонсю и Хоккайдо. Однако в настоящее время основные районы нагула сардины в летне-осенний период располагаются севернее — в водах к востоку от Курильских островов. Результаты исследований планктонных сообществ северо-западной части Тихого океана показали, что в 2015–2016 и 2021–2022 гг. биомасса планктона оставалась на уровне средних значений за многие годы, а уровень его запасов значительно превышал запас нектона, что обеспечивало отсутствие дефицита питания массовых видов нектона [Кузнецова, Шебанова, 2017; Шебанова, Кузнецова, 2023].

Известно, что снижение численности сардины в конце 1980-х гг. было связано с увеличением температуры на нерестилищах, что обусловлено прохождением течения Куроисио непосредственно через районы воспроизводства [Беляев и др., 1991]. Вполне вероятно, что значительное увеличение температуры поверхностных вод океана в районах воспроизводства сардины и нагула ее личинок и молоди, отмечаемое в последние 3 года, негативно сказывается на эффективности нереста и выживаемости на ранних стадиях онтогенеза [Зуенко, 2011]. Это в конечном итоге не позволяет тихоокеанской и цусимской популяциям сардины достичь значений биомасс, которые отмечались в 1980-е гг.

* Scientific Committee. 9th Meeting Report. NPFC-2024-SC09-Final Report. Tokyo: Tokyo University of Marine Science and Technology, 2024. 405 p. (www.npfc.int).

Следует также отметить, что современный уровень добычи сардины еще далек от уровня максимально допустимого улова. Как уже отмечалось выше, согласно данным учетных съемок в воды, прилегающие к Курильским островам, в последние годы на нагул заходила сардина в объеме 3,0–3,5 млн т. Известно, что сардина становится половозрелой на 2-м году жизни [Sarr et al., 2021], согласно концепции «репродуктивной разнокачественности популяций» скорость увеличения численности популяций рыб зависит в первую очередь от возраста их созревания, и для сардины значение допустимого годового изъятия приблизительно равно 35 % [Малкин, 1999; Бабаян, 2000]. Таким образом, при современном уровне запасов допустимый годовой улов сардины в прикурильских водах находится на уровне 1 млн т, в то время как вылов российских рыбаков в 2024 г. составил 0,59 млн т, немногим более половины от этого объема. В целом для сардины северо-западной части Тихого океана максимальный устойчивый вылов (MSY) в последние годы оценивается величиной 1,7 млн т [Yang et al., 2023]. При этом допускается, что современные запасы не подвергаются перелову и на среднесрочную перспективу не предполагается их снижение. Общий вылов странами АТР в 2023 г. был 1,4 млн т, вылов 2024 г. остался на этом же уровне (рис. 16) — 82 % от уровня MSY. Вместе с тем нельзя исключать какие-либо колебания вылова, связанные как с особенностями миграций и распределения промысловых скоплений, так и с межгодовой динамикой численности сардины, в которой могут быть локальные по времени спады.

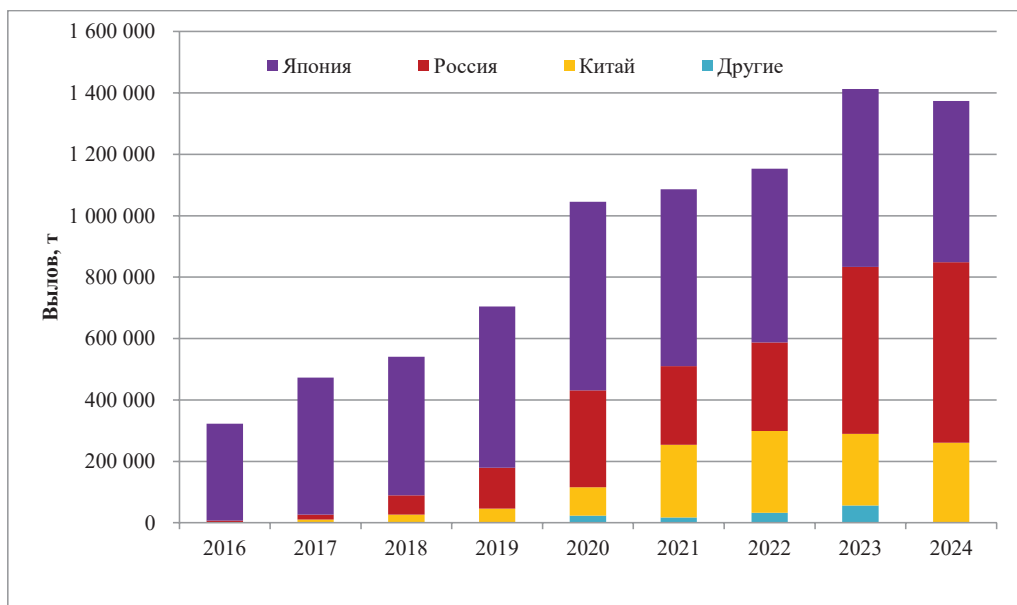


Рис. 16. Вылов сардины странами АТР в северной части Тихого океана в 2016–2024 гг.*; т
Fig. 16. Annual catch of sardine by Asia-Pacific countries in the North Pacific in 2016–2024*, t

В путину 2025 г. скопления сардины не зашли на нагул в ИЭЗ России, что отразилось на эффективности промысла, общий вылов на начало декабря был равен 55 тыс. т. Причины, вызвавшие изменения в схеме нагульных миграций и распределении промысловых скоплений сардины иваси, станут предметом дальнейших исследований.

Заключение

Запас дальневосточной сардины тихоокеанской популяции в настоящее время оценивается разными методами на среднем уровне — приблизительно 20–25 % от

* Scientific Committee..., 2024.

уровня оценок 1980-х гг., хотя имеет тенденцию к увеличению. Нагульные миграции сардины за последнее десятилетие возросли и охватывают акватории в северо-западной части Тихого океана, достигая берегов Камчатки, вод Берингова и Охотского морей.

В прикурильских водах наблюдаются высокие темпы весеннего потепления, низкие темпы осеннего выхолаживания, а также преобладание максимальных положительных аномалий в течение года. Значительное повышение температуры поверхностных вод района и прилегающих акваторий способствовало усилению экспансии сардины в северо-западной части Тихого океана в нагульный период. Промысел сардины российскими рыбаками был возобновлен в прикурильских водах в 2016 г., и до 2024 г. вылов поступательно увеличивался, достигнув величины 0,592 млн т.

За это время районы лова сардины иваси отечественным флотом расширились. Кроме вод южных Курильских островов он ведется в районе средних Курильских островов, в Северо-Курильской зоне, в южной части Охотского моря. Продлились сроки путины: промысел начинается в апреле и заканчивается в конце декабря.

По сравнению с периодом 1970–1980-х гг. значительно повысилась эффективность промысла при меньшем количестве добывающих судов и судов-суток лова. Максимальный вылов приходится на летне-осенний период с пиком в октябре. На этот период приходится и самое большое количество добывающих судов и судов-суток лова. Более 95 % сардины отечественным флотом добывается в ИЭЗ России, в то время как в 1980-е гг. этот показатель составлял 60 %.

Оценки запасов сардины тихоокеанской популяции и данные промысловой статистики показывают, что в текущий период увеличения численности не отмечалось значительного пресса промысла, приводящего к негативным последствиям для воспроизводства сардины в водах японских островов. Предполагается, что в ближайшие годы будет сохраняться тренд на увеличение запасов сардины и, следовательно, значительных подходов промысловых скоплений в прикурильские воды при благоприятном развитии океанологических условий.

Однако возможен и негативный сценарий развития событий, при котором запас сардины иваси начнет снижаться в ближайшей и среднесрочной перспективе. Если тенденция потепления в северо-западной части Тихого океана сохранится в ближайшие годы, это может негативно отразиться на эффективности воспроизводства сардины и привести к значительному снижению запаса тихоокеанской популяции.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы искренне благодарны сотрудникам Тихоокеанского филиала ВНИРО (ТИНРО), участвовавшим в сборе материалов по сардине иваси в учетных траловых съемках на судах ТИНРО и на промысловых судах в 2014–2024 гг.

The authors are sincerely grateful to their colleagues in TINRO who collected the data on stock and biology of sardine in the trawl surveys and aboard fishing vessels in 2014–2024.

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 об отсутствии конфликта интересов.

All applicable international, national and/or institutional guidelines for care and use of animals were implemented.

The authors declare no conflict of interest.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

Все авторы в равной мере участвовали в обсуждении результатов и написании статьи.
All authors took part in discussing the results of study and in writing and illustrating the text of article.

Список литературы

- Аксютин З.М.** Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1968. — 288 с.
- Бабаян В.К.** Предосторожный подход к оценке общего допустимого улова (ОДУ). Анализ и рекомендации по применению : моногр. — М. : ВНИРО, 2000. — 192 с.
- Байталюк А.А., Радченко В.И., Антоненко Д.В. и др.** Состояние запасов и перспективы промысла дальневосточной сардины *Sardinops melanostictus* (Temminck & Schlegel, 1846) // Рыбохозяйственный комплекс России: 300 лет российской академической науке : мат-лы 2-й Междунар. науч.-практ. конф. — М. : ВНИРО, 2024. — С. 47–52.
- Барышко М.Е.** Промысел скумбрии и сардины-иваси на Дальнем Востоке : моногр. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 2009. — 472 с.
- Беляев В.А.** Экосистема зоны течения Куроисио и ее динамика : моногр. — Хабаровск : Хабаровское книжное издательство, 2003. — 382 с.
- Беляев В.А., Новиков Ю.В., Свирицкий В.Г.** Запасы дальневосточной сардины и изменения в ихтиоцене СЗТО // Рыб. хоз-во. — 1991. — № 8. — С. 24–27.
- Булатов О.А., Котенев Б.Н., Кровнин А.С.** О перспективах новой «сардиновой эпохи» в северо-западной части Тихого океана // Вопр. рыб-ва. — 2016. — Т. 17, № 4. — С. 385–405.
- Буслов А.В., Байталюк А.А.** Наливные рыболовные суда — новый тренд на промысле минтая у южных Курильских островов // Рыб. хоз-во. — 2023. — № 4. — С. 74–79. DOI: 10.37663/0131-6184-2023-4-74-79.
- Великанов А.Я.** Миграции дальневосточной сардины *Sardinops melanostictus* к берегам острова Сахалин в XX — начале XXI столетия // Вопр. ихтиол. — 2016. — Т. 56, № 5. — С. 548–561. DOI: 10.7868/S0042875216040184.
- Великанов А.Я., Буслов А.В., Никитин В.Д. и др.** Очередное появление дальневосточной сардины *Sardinops melanostictus* (Clupeidae) у западного побережья Сахалина // Изв. ТИНРО. — 2012. — Т. 171. — С. 62–68.
- 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.
- Дударев В.А.** Сардина Японского моря, ее экология и промысел : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток : ТИНРО, 1985. — 24 с.
- Дударев В.А., Галеев А.И.** Межгодовая динамика размерного, возрастного состава и характеристик роста дальневосточной сардины *Sardinops melanostictus* в периоды высокой численности в северо-западной части Тихого океана // Изв. ТИНРО. — 2021. — Т. 201, вып. 3. — С. 561–576. DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-561-576.
- Дылдин Ю.В., Орлов А.М., Великанов А.Я. и др.** Ихтиофауна залива Анива (остров Сахалин, Охотское море) : моногр. — Новосибирск : ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2020. — 396 с. DOI: 10.31677/isbn978_5_94477_271_8.
- Зуенко Ю.И.** Межгодовые изменения районов и сроков массового нереста сардины иваси в Японском море и их значение для воспроизводства сардины // Изв. ТИНРО. — 2011. — Т. 166. — С. 103–122.
- 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.
- Кляшторин Л.Б., Любушин А.А.** Циклические изменения климата и рыбопродуктивности : моногр. — М. : ВНИРО, 2005. — 235 с.
- Кручинин О.Н., Мизюркин М.А., Захаров Е.А. и др.** Работа флота на промысле дальневосточной сардины и японской скумбрии в прикурильских водах в современный период высокой численности этих видов // Изв. ТИНРО. — 2022. — Т. 202, № 2. — С. 414–428. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-414-428.

Кузнецов В.В. Ретроспективный анализ крупномасштабных изменений численности сардины иваси // Биологические основы динамики численности и прогнозирования вылова рыб. — М. : ВНИРО, 1989. — С. 84–97.

Кузнецова Е.Н., Белорусцева С.А. Динамика вылова и современное биологическое состояние сардины иваси *Sardinops sagax* // Рыб. хоз-во. — 2022. — № 2. — С. 31–37. DOI: 10.37663/0131-6184-2022-2-31-37.

Кузнецова Е.Н., Белорусцева С.А., Поляничко В.И. Распределение и питание дальневосточной сардины *Sardinops sagax* и японской скумбрии *Scomber japonicus* в тихоокеанских водах Курильских островов // Вопр. рыб-ва. — 2021. — Т. 22, № 3. — С. 27–39. DOI: 10.36038/0234-2774-2021-22-3-27-39.

Кузнецова Н.А., Шебанова М.А. Питание и трофические отношения массовых видов рыб в прикурильских водах Тихого океана // Изв. ТИНРО. — 2017. — Т. 190. — С. 132–145. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-190-132-145.

Кун М.С., Новиков Ю.В., Павлычев В.П. Влияние океанологических условий на формирование продуктивных зон и численность эпипелагических рыб в системе вод Курисио // Биол. моря. — 1978. — № 2. — С. 32–39.

Малкин Е.М. Репродуктивная и численная изменчивость промысловых популяций рыб : моногр. — М. : ВНИРО, 1999. — 146 с.

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.

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.

Свирский В.Г., Абакумов А.И. Модельные подходы к исследованию влияния плодovitости и естественной смертности на динамику численности популяции тихоокеанской сардины // Итоги изучения биологических ресурсов северо-западной части Тихого океана. — Владивосток : ТИНРО, 1989. — С. 44–51.

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.

Шебанова М.А., Кузнецова Н.А. Состояние планктонного сообщества в северо-западной части Тихого океана в июне 2021–2022 гг. // Рациональная эксплуатация водных биологических ресурсов : мат-лы Междунар. науч.-техн. конф. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 2023. — С. 340–347.

Шунтов В.П., Васильков В.П. Долгопериодные флюктуации численности северотихоокеанских сардин. Сообщение 1. Динамика численности дальневосточной *Sardinops sagax melanosticta* (Schlegel) и калифорнийской *Sardinops sagax caerulea* (Girard) сардин в XX веке // Вопр. ихтиол. — 1981. — Т. 21, вып. 6. — С. 963–975.

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

Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2011. — Т. 2. — 473 с.

Antonenko D.V., Novikov Yu.V., Basyuk E.O. Impact of warming on the distribution pattern of the sardine *Sardinops melanosticta* // PICES — 2024. The future of PICES: Science for Sustainability in 2030. — Honolulu, 2024. — P. 306.

Aoki I., Murayama T. Spawning pattern of the Japanese sardine *Sardinops melanostictus* off southern Kyushu and Shikoku, southwestern Japan // Mar. Ecol. Prog. Ser. — 1993. — Vol. 97. — P. 127–134.

Fujinami Y., Takahashi M., Kurota H. Evaluation of the Precision of Age Determination and Variability in Growth for Japanese Sardine (*Sardinops melanostictus*), Tsushima Warm Current Subpopulation // Japan Agricultural Research Quarterly. — 2024. — Vol. 58, Iss. 1. — P. 65–74. DOI: 10.6090/JARQ.58.65.

Kamimura Y., Tadokoro K., Furuichi S., and Yukami R. Stronger density-dependent growth of Japanese sardine with lower food availability: Comparison of growth and zooplankton biomass between a historical and current stock-increase period in the western North Pacific // Fish. Res. — 2022. — Vol. 255. — P. 106461. DOI: 10.1016/j.fishres.2022.106461.

Longo G.C., Minich J.J., Allsing N. et al. Crossing the Pacific: Genomics Reveals the Presence of Japanese Sardine (*Sardinops melanosticta*) in the California Current Large Marine Ecosystem // *Molecular Ecology*. — 2024. — Vol. 33. — P. e17561. DOI: 10.1111/mec.17561.

Nakai Z. Studies Relevant to Mechanisms Underlying the Fluctuation in the Catch of the Japanese Sardine, *Sardinops melanosticta* // *Jap. J. Ichtyol.* — 1962. — Vol. 9, Iss. 1–6. — P. 1–115. DOI: 10.11369/jji1950.9.1.

Ohshimo S., Tanaka H., Hiyama Y. Long-term stock assessment and growth changes of the Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) in the Sea of Japan and East China Sea from 1953 to 2006 // *Fish. Oceanogr.* — 2009. — Vol. 18, № 5. — P. 346–358. DOI: 10.1111/j.1365-2419.2009.00516.x.

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.

Yang C., Han H., Zhang H. et al. Assessment and management recommendations for the status of Japanese sardine *Sardinops melanostictus* population in the Northwest Pacific // *Ecological Indicators*. — 2023. — Vol. 148. 110111. DOI: 10.1016/j.ecolind.2023.110111.

References

Aksyutina, Z.M., *Elementy matematicheskoi otsenki rezul'tatov nablyudenii v biologicheskikh i rybokhozyaystvennykh issledovaniyakh* (Elements of Mathematical Evaluation of the Results of Observations in Biological and Fishery Research), Moscow: Pishchevaya Promyshlennost', 1968.

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.

Baitalyuk, A.A., Radchenko, V.I., Antonenko, D.V., Starovoytov, A.N., and Novikov, Yu.V., Status of stocks and prospects for the Far Eastern sardine *Sardinops melanostictus* (Temminck & Schlegel, 1846) fishery, in *Mater. 2-y Mezhdunar. nauchno-prakt. konf. "Rybokhozyaystvennyy kompleks Rossii: 300 let rossiyskoy akademicheskoy nauke"* (Proc. 2nd Int. Sci. Pract. Conf. "The fishery complex of Russia: 300 years of Russian academic science"), Moscow: VNIRO, 2024, pp. 47–52.

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

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

Belyaev, V.A., Novikov, Yu.V., and Svirskiy, V.G., Far Eastern sardine reserves and changes in the ichthyofauna of the Northwestern Territory, *Rybn. Khoz.*, 1991, no. 8, pp. 24–27.

Bulatov, O.A., Kotenev, B.N., and Krovnin, A.S., On the prospects for a new "Sardine era" in the northwestern Pacific, *Vopr. Rybolov.*, 2016, vol. 17, no. 4, pp. 385–405.

Buslov, A.V. and Baitalyuk, A.A., Bulk fishing vessels — a new trend in pollock fishing off the southern Kuril Islands, *Rybn. Khoz.*, 2023, no. 4, pp. 74–79. doi 10.37663/0131-6184-2023-4-74-79

Velikanov, A.Y., Pacific sardine (*Sardinops melanostictus*) migrations to the shores of Sakhalin Island in the 20th–early 21st centuries, *Vopr. Ichtiol.*, 2016, vol. 56, no. 5, pp. 715–727. doi 10.1134/S0032945216040147

Velikanov, A.Ya., Buslov, A.V., Nikitin, V.D., Kusailo, O.V., Tshay, Zh.R., Latkovskaya, E.M., Frolov, E.V., and Lysikova, A.S., New appearance of Japanese sardine *Sardinops melanostictus* (Clupeidae) at the western coast of Sakhalin, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2012, vol. 171, pp. 62–68.

Dudarev, V.A., Oceanological bases of distribution, migration and population dynamics of the Far Eastern sardine, in *Gidrometeorologiya i gidrokimiya 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.

Dudarev, V.A., Sardine of the Sea of Japan, its ecology and fishery, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Vladivostok: TINRO, 1985.

Dudarev, V.A. and Galeev, A.I., Interannual dynamics of size, age composition and parameters of growth for Japanese sardine *Sardinops melanostictus* in periods of its high abundance in the North-West Pacific, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2021, vol. 201, no. 3, pp. 561–576. doi 10.26428/1606-9919-2021-201-561-576

Dyldin, Yu.V., Orlov, A.M., Velikanov, A.Ya., Makeev, S.S., Romanov, V.I., Morusi, I.V., and Hanel, L., Ichthyofauna of the Aniva Bay (the Sakhalin Island, the Sea of Okhotsk), Novosibirsk: IC NGAU "Zolotoy kolos", 2020. doi 10.31677/isbn978_5_94477_271_8

Zuenko, Yu.I., Shifts of spawning grounds and dates of mass spawning for Japanese sardine in the Japan Sea and their contribution to its reproduction, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2011, vol. 166, pp. 103–122.

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

Klyashtorin, L.B. and Lyubushin, A.A., *Tsiklicheskiye izmeneniya klimata i ryboproduktivnosti* (Cyclic Changes in Climate and Fish Capacity), Moscow: VNIRO, 2005.

Kruchinin, O.N., Mizyurkin, M.A., Zakharov, E.A., Volotov, V.M., Shabelsky, D.L., and Vakker, N.L., Fleet operations at fishing of Japanese sardine and chub mackerel in the Kuril waters in the modern period of high abundance of these species, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2022, vol. 202, no. 2, pp. 414–428. doi 10.26428/1606-9919-2022-202-414-428

Kuznetsov, V.V., Retrospective analysis of large-scale changes in the abundance of sardine iwas, in *Biologicheskkiye osnovy dinamiki chislennosti i prognozirovaniya vylova ryb* (Biological bases of dynamics of the abundance and forecasting of fish catch), Moscow: VNIRO, 1989, pp. 84–97.

Kuznetsova, E. and Belorustseva, S., Trend in catch and current Japanese sardine *Sardinops sagax* biological status, *Rybn. Khoz.*, 2022, no. 2, pp. 31–37. doi 10.37663/0131-6184-2022-2-31-37

Kuznetsova, E.N., Belorustseva, S.A., and Polyanichko, V.I., Distribution and nutrition Japanese sardine *Sardinops sagax* and Chub mackerel *Scomber japonicus* in Pacific waters of Kuril Islands, *Vopr. Rybolov.*, 2021, no. 3, pp. 27–39. doi 10.36038/0234-2774-2021-22-3-27-39

Kuznetsova, N.A. and Shebanova, M.A., Feeding and trophic relations of mass fish species in the Kuril waters of the Pacific Ocean, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2017, vol. 190, pp. 132–145. doi 10.26428/1606-9919-2017-190-132-145

Kun, M.S., Novikov, Yu.V., and Pavlychev, V.P., Oceanological conditions for monitoring products and groups of epipelagic fish in the Kuroshio water system, *Sov. J. Mar. Biol.*, 1978, no. 2, pp. 32–39.

Malkin, E.M., *Reproduktivnaya i chislennaya izmenchivost' promyslovyykh populyatsii ryb* (Reproductive and Numerical Variability of Fish Commercial Populations), Moscow: VNIRO, 1999.

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 *Mater. 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.

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.

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.

Svirsky, V.G. and Abakumov, A.I., Model approaches to the study of the influence of fecundity and natural mortality on the dynamics of the Pacific sardine population, in *Rezultaty issledovaniya biologicheskikh resursov severo-zapadnoy chasti Tikhogo okeana* (Results of the study of biological resources of the northwestern part of the Pacific Ocean), Vladivostok: TINRO, 1989, pp. 44–51.

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.

Shebanova, M.A. and Kuznetsova, N.A., The state of the plankton community in the northwestern Pacific Ocean in June 2021–2022, in *Mater. Mezhdunar. nauchno-tekh. konf. “Ratsional'naya ekspluatatsiya biologicheskikh resursov”* (Proc. Int. Sci. Tech. Conf. “Rational exploitation of biological resources”), Vladivostok: Dal'rybvuz, 2023, pp. 340–347.

Shuntov, V.P. and Vasil'kov, V.P., Long-period fluctuations in abundance of North Pacific sardines. Report 1. Population dynamics of the Far Eastern *Sardinops sagax melanosticta* (Schlegel) and Californian *Sardinops sagax caerulea* (Girard) sardines in the 20th century, *Vopr. Ikhtiol.*, 1981, vol. 21, no. 6, pp. 963–975.

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

Shuntov, V.P. and Temnykh, O.S., *Tikhoookeanskii lososi v morskikh i okeanicheskikh ekosistemakh* (Pacific Salmon in Sea and Ocean Ecosystems), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2011, vol. 2.

Antonenko, D.V., Novikov, Yu.V., and Basyuk, E.O., Impact of warming on the distribution pattern of the sardine *Sardinops melanosticta*, in *PICES — 2024. The future of PICES: Science for Sustainability in 2030*, Honolulu, 2024, pp. 306.

Aoki, I. and Murayama, T., Spawning pattern of the Japanese sardine *Sardinops melanostictus* off southern Kyushu and Shikoku, southwestern Japan, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 1993, vol. 97, pp. 127–134.

Fujinami, Y., Takahashi, M., and Kurota, H., Evaluation of the Precision of Age Determination and Variability in Growth for Japanese Sardine (*Sardinops melanostictus*), Tsushima Warm Current Subpopulation, *Japan Agricultural Research Quarterly*, 2024, vol. 58, Iss.1, pp. 65–74. doi 10.6090/JARQ.58.65

Kamimura, Y., Tadokoro, K., Furuichi, S., and Yukami, R., Stronger density-dependent growth of Japanese sardine with lower food availability: Comparison of growth and zooplankton biomass between a historical and current stock-increase period in the western North Pacific, *Fish. Res.*, 2022, vol. 255, pp. 106461. doi 10.1016/j.fishres.2022.106461

Longo, G.C., Minich, J.J., Allsing, N., James, K., Adams-Herrmann, E.S., Larson, W., Hartwick, N., Duong, T., Muhling, B., Michael, T.P. and Craig, M.T., Crossing the Pacific: Genomics Reveals the Presence of Japanese Sardine (*Sardinops melanosticta*) in the California Current Large Marine Ecosystem, *Molecular Ecology*, 2024, vol. 33, pp. e17561. doi 10.1111/mec.17561

Nakai, Z., Studies Relevant to Mechanisms Underlying the Fluctuation in the Catch of the Japanese Sardine, *Sardinops melanosticta*, *Jap. J. Ichtyol.*, 1962, vol. 9, no. 1–6, pp. 1–115. doi 10.11369/jji1950.9.1

Ohshimo, S., Tanaka, H., and Hiyama, Y., Long-term stock assessment and growth changes of the Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) in the Sea of Japan and East China Sea from 1953 to 2006, *Fish. Oceanogr.*, 2009, vol. 18, no. 5, pp. 346–358. doi 10.1111/j.1365-2419.2009.00516.x

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

Yang, C., Han, H., Zhang, H., Shi, Y., Su, B., Jiang, P., Xiang, D., Sun, Y., and Li, Y., Assessment and management recommendations for the status of Japanese sardine *Sardinops melanostictus* population in the Northwest Pacific, *Ecological Indicators*, 2023, vol. 148, 110111. doi 10.1016/j.ecolind.2023.110111

Fricke, R., Eschmeyer, W.N., and Van der Laan, R., *Eschmeyer's catalog of fishes: genera, species, references*, 2025. <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. Electronic version accessed 11 November 2025.

Scientific Committee. 9th Meeting Report. NPFC-2024-SC09-Final Report, Tokyo: Tokyo University of Marine Science and Technology, 2024. (www.npfc.int).

Поступила в редакцию 19.11.2025 г.

После доработки 24.12.2025 г.

Принята к публикации 6.03.2026 г.

The article was submitted 19.11.2025; approved after reviewing 24.12.2025;

accepted for publication 6.03.2026

Научная статья

УДК 597.556.35

DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-30-63

EDN: QAHSGL



РАЗМЕРНО-ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА, ЛИНЕЙНЫЙ РОСТ И СОЗРЕВАНИЕ КАМБАЛ КАРАГИНСКОГО И ОЛЮТОРСКОГО ЗАЛИВОВ

А.О. Золотов*

Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

Аннотация. На основе данных по размерному составу уловов, биологическому состоянию, а также результатов определения возраста по отолитам исследованы особенности размерно-возрастной структуры уловов, линейного роста и полового созревания восьми массовых видов камбал Карагинского и Олюторского заливов. Выполнен сравнительный анализ половых и межвидовых различий по скорости линейного роста и созревания, а также между несколькими группировками камбал, обитающих на разных участках шельфа п-ова Камчатка и в западной части Берингова моря. Приведены результаты расчетов параметров уравнения роста Берталанфи и оценки длины и возраста 50 %-ного полового созревания самцов и самок для каждого из видов, подтверждена информация о половом диморфизме по темпу линейного роста. Полученные результаты могут быть использованы для оценки запасов дальневосточных камбал и при проведении популяционных исследований.

Ключевые слова: дальневосточные камбалы, Берингово море, размерно-возрастная структура, рост, половое созревание

Для цитирования: Золотов А.О. Размерно-возрастная структура, линейный рост и созревание камбал Карагинского и Олюторского заливов // Изв. ТИНРО. — 2026. — Т. 206, вып. 1. — С. 30–63. DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-30-63. EDN: QAHSGL.

Original article

Size-age structure, linear growth and maturation of flounders in the Karaginsky and Olyutorsky Bays

Alexander O. Zolotov

Pacific branch of VNIRO (TINRO), Shevchenko Alley, 4, Vladivostok, 690091, Russia
Ph.D., leading researcher, Alk-90@yandex.ru, ORCID 0000-0002-7438-2991

Abstract. Size and age structure, linear growth and maturation are considered for eight mass flatfish species in the Karaginsky and Olyutorsky Bays (southwestern Bering Sea) on the data of size measurements and biological analyses in catches and the results of age determination by otoliths. Asymptotic patterns are determined for their growth, with the maximum gains of 4–6 cm per year in the first 3–4 years of life. Sexual dimorphism in linear growth rate with

* Золотов Александр Олегович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Alk-90@yandex.ru, ORCID 0000-0002-7438-2991.

© Золотов А.О., 2026

females larger than males is observed for all investigated species. The earliest size difference is noted for alaska plaice — by the end of the first year of life, and the latest for longhead dab — by the age of 6 years. Longhead dab and sakhalin sole reach the body length close to the highest limit earlier than other species; length of their males and females exceeds 90 % of the maximum values in 7 and 10 years for the former species and 8 and 11 years for the latter one, respectively. The longest life expectancy is detected for starry flounder (38 years) and rock sole (31 years), the shortest — for longhead dab (age of the oldest fish did not exceed 15 years). Yellowfin sole, rock sole, and juvenile starry flounder grow faster in the Karaginsky and Olyutorsky Bays than the same species in adjacent areas of the Bering Sea and shelf of Kamchatka. On the contrary, sakhalin sole and longhead dab grow slower in these bays than on the western and eastern Kamchatka shelves. Starry flounder form two ecological groupings in the Karaginsky Bay with different growth rate. After 4–5 years of common life in the coastal zone, one group of this species migrates to greater depth on the shelf where they grow faster than fish in another group that remains at the coast. Longhead dab become mature earlier than other species; 50 % of their females reach sexual maturation at the 4th year of life with the length of 23.0 cm. Alaska plaice and flathead sole are distinguished by the slowest maturing and reach the same level of puberty on average in the age of 9.0 and 9.3 years with the length of 35.0 and 35.3 cm, respectively. The results obtained are useful for the stocks assessment and in population studies of these species.

Keywords: flatfish, Bering Sea, size structure, age structure, linear growth, maturation

For citation: Zolotov A.O. Size-age structure, linear growth and maturation of flounders in the Karaginsky and Olyutorsky Bays, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2026, vol. 206, no. 1, pp. 30–63. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-30-63. EDN: QAHSGI.

Введение

По биомассе и численности камбалы занимают одно из ведущих мест в донной ихтиофауне дальневосточных морей России [Борец, 1997], в том числе и в прикамчатских водах. Некоторые их виды образуют крупные скопления, в связи с чем на протяжении всего периода развития дальневосточной рыбной промышленности камбалы были одним из наиболее значимых объектов промысла. В 1960–1970-х гг. только на западнокамчатском шельфе объединенным флотом СССР, Японии и КНДР ежегодно добывали от 60 до 90 тыс. т [Золотов и др., 2013], а максимальный вылов камбал по Охотскому морю в целом достигал 139 тыс. т [Шунтов, 1985]. Сходным образом на тихоокеанском шельфе Камчатки наибольшие уловы были отмечены в 1955–1960 гг., когда среднегодовой вылов составлял 18,5 тыс. т, а максимальный в 1955 г. достигал 24,0 тыс. т [Золотов, Захаров, 2008].

Несмотря на существенные структурные изменения, произошедшие в рыбной отрасли России в последние десятилетия, и ее ориентацию на преимущественный вылов высокорентабельных видов, в настоящее время камбалы остаются одним из основных промысловых объектов. В 2000–2020-х гг. их среднегодовой вылов в российских дальневосточных морях варьировал в пределах 70–75 тыс. т, что составляло около 3,2–3,6 % от уловов всех морских рыб без учета анадомных рыб [Золотов, Буслов, 2005; Золотов, Дубинина, 2017; Золотов и др., 2023].

Освоение запасов камбал в заливах северо-восточной Камчатки было начато в 1930-х гг., когда их в основном добывали в качестве прилова при промысле ставными неводами [Орехов, Полутков, 1931]. Исторический максимум совпал с началом масштабного послевоенного освоения рыбных ресурсов Дальнего Востока траловым флотом, годовой вылов в 1958–1959 гг. составил соответственно 32 и 20 тыс. т [Науменко и др., 2003; Золотов, Буслов, 2005]. После этого на фоне снижения ресурсов наступила продолжительная стагнация промысла.

В последние десятилетия в условиях постепенной стабилизации уровня запасов камбал средняя величина их годовых уловов в Карагинском и Олюторском заливах составляла около 4–5 тыс. т [Золотов, Дубинина, 2017; Золотов и др., 2023], или около 5–7 % от суммарного вылова этой группы видов в Дальневосточном бассейне. Таким

образом, камбалы данного района по-прежнему остаются значимым ресурсом прибрежного промысла.

Сравнительному анализу размерно-возрастной структуры, особенностей роста и созревания камбал дальневосточных морей традиционно уделялось повышенное внимание отечественных исследователей [Моисеев, 1953; Фадеев, 1968, 1971, 1987, 2005; Минева, 1971; Тарасюк, 1997; Дьяков, 2002а, б, 2009, 2025]. Однако к недостаткам перечисленных работ можно отнести отсутствие единого методического подхода к оценке возраста у разных видов камбал, выражающееся в использовании различных регистрирующих структур для его определения, либо чешуи, либо отолитов.

Последнее существенным образом затрудняло сравнительный анализ и приводило к расхождениям в оценке таких важных параметров, как предельная продолжительность жизни, скорость линейного роста или возраст первого и массового полового созревания, не говоря уже об определении возрастного состава уловов, являющегося базовой информацией при расчетах численности и биомассы промысловых объектов и прогнозировании состояния их запасов. Исключение составляют несколько работ, опубликованных сравнительно недавно, касающихся биологии камбал тихоокеанского побережья Камчатки [Овчеренко, 2024] и северной части Охотского моря [Юсупов, Семенов, 2023а, б; Юсупов, 2025], в которых в качестве базовой структуры для оценки возраста у всех видов использовались отолиты.

Что касается изучения биологии массовых промысловых видов камбал, обитающих в заливах северо-востока Камчатки, то краткая сводка по результатам исследований была приведена ранее [Золотов, 2010], однако в полной мере вопросы об особенностях формирования размерно-возрастной структуры, скорости линейного роста и созревания в ней не были отражены. Кроме того, некоторые аспекты экологии палтусовидных, северной двухлинейной и желтоперой камбал Карагинского и Олюторского заливов обсуждались в более общих публикациях [Золотов, 2007а; Золотов, Дубинина, 2012а; Дубинина, Золотов, 2013]. Таким образом, цель настоящей работы представить подробную сводку по обозначенной проблематике для заинтересованных специалистов в области ихтиологии и оценки запасов промысловых рыб.

Материалы и методы

По современным представлениям семейство камбаловых в Карагинском и Олюторском заливах представлено 14 видами. Это 10 видов камбал: узкозубая *Hippoglossoides elassodon* Jordan et Gilbert (1880) и северная палтусовидная — *H. robustus* Gill et Townsend (1897), северная двухлинейная *Lepidopsetta polyxystra* Orr et Matareze (2000), желтоперая *Limanda aspera* Pallas (1814), сахалинская *L. sakhalinensis* Hubbs (1915), хоботная *Myxopsetta proboscidea* Gilbert (1896), звездчатая *Platichthys stellatus* Pallas (1788), полярная *Pleuronectes glacialis* Pallas (1776), четырехбугорчатая *P. quadrituberculatus* Pallas (1814) и длинноперый малорот *Glyptocephalus zachirus* Lockington (1879), — а также четыре вида палтусов.

Анализ особенностей биологии палтусов и единично представленных в уловах полярной камбалы и длинноперого малорота остается за рамками данной работы, поэтому объектом исследований являлись оставшиеся 8 видов камбал, обитающих в пределах Карагинского и Олюторского заливов.

В работе использованы данные массовых промеров (МП) и биологических анализов (ПБА) камбал из уловов снюрреводами, донными тралами, ставными и закидными неводами, собранные сотрудниками отраслевых научно-исследовательских институтов в период научных и промысловых рейсов в 1952–2008 гг. в Карагинском и Олюторском заливах. Кроме того, биостатистические материалы отбирались и на береговых перерабатывающих предприятиях из уловов, сданных на обработку.

Возрастные пробы, использованные для оценки предельного возраста камбал и расчисления темпов их линейного роста, из других районов прикамчатских вод были

собраны специалистами КамчатНИРО в период с 1968 по 2012 г. Отбор материалов производили в соответствии со стандартными методиками [Правдин, 1966]. Общее количество использованных в работе данных МП и ПБА по всем видам камбал Карaginского и Олюторского заливов представлено в табл. 1.

Таблица 1
Объем использованного в работе материала

Table 1

Data volume

Вид	МП	ПБА	Определение возраста	Расчисление темпов роста
<i>L. aspera</i>	183 640	18 889	2 936	1 392
<i>P. stellatus</i>	7 894	1 159	899	544
<i>P. quadrituberculatus</i>	12 972	756	735	390
<i>L. polyxystra</i>	12 203	5 637	4 573	2 923
<i>L. sakhalinensis</i>	5 782	287	247	147
<i>M. proboscidea</i>	1 344	359	319	287
<i>Hippoglossoides</i> sp.	3 614	1 521	1 030	696

Возраст рыб определяли по отолидам. Причины, по которым использование отолитов для оценки возраста дальневосточных камбал является более предпочтительным, уже обсуждались ранее [Золотов, 2006а, б, 2008а, б, 2010; Золотов, Дубинина, 2012б] и в настоящей работе отдельно не рассматриваются. Оценка возраста и определение ширины годовых приростов производили по обожженному поперечному срезу отолида в отраженном свете [Chilton, Beamish, 1982]. Формирование отолитов происходит благодаря периодическим отложениям кератиноподобного протеина (матрикса) и кальция, в результате чего образуются различные под биноклем концентрические гиалиновые и опаковые зоны. В отраженном свете первые выглядят темными, вторые — светлыми. Совокупность опаковой и гиалиновой зон принимали за годовое кольцо.

При проведении исследований, связанных с расчислением роста, необходимо иметь представление о времени закладки годовых колец на регистрирующих структурах, поскольку от этого зависит временная привязка оценок длины рыб в ходе жизненного цикла [Золотов, 2024]. При этом известно, что у значительного количества видов рыб умеренных широт в Северном полушарии закладка нового годового кольца приходится на весенний период [Beckman, Wilson, 1995]. Для отдельных видов камбал, обитающих в Северной Пацифике, в том числе для желтоперой и двухлинейной, этот вопрос обсуждался ранее [Kitano, 1969; Золотов, 2006а, б; Золотов, Дубинина, 2012б]. В связи с этим на основании результатов данных исследований принято допущение, что формирование гиалиновой зоны на отолидах камбал в основном происходит в конце гидрологической зимы в апреле и расчисленные приросты описывают изменения длины особей камбалы по состоянию на 1 мая каждого года.

Возрастной состав уловов пересчитан с помощью размерно-возрастных ключей, сформированных на основе сборов материалов в 2000–2008 гг. Темпы линейного роста камбал рассчитывали с использованием линейного соотношения Э. Леа (1910) [цит. по: Чугунова, 1959].

Сравнение особенностей роста камбал производили на основе оценок возраста и расчислений скорости роста по отолидам. Общий объем возрастных материалов, использованных при подготовке работы, представлен в табл. 1.

При изучении особенностей роста, наряду с абсолютными и относительными приростами, использовали такие показатели, как «константа роста» и «удельная скорость роста», вычисляемые по формуле И.И. Шмальгаузена и С. Броди (1927) [цит. по: Чугунова, 1959]:

$$C(l, t) = \frac{\lg l_n - \lg l_{n-1}}{0,4343 \cdot (t_n - t_{n-1})};$$

И.И. Шмальгаузен (1935) [цит. по: Чугунова, 1959]:

$$H(l, t) = \frac{\lg l_n - \lg l_{n-1}}{0,4343 \cdot (t_n - t_{n-1})} \cdot \frac{(t_n + t_{n-1})}{2},$$

где t_n — возраст особи, l_n — длина рыбы.

Для визуальной оценки стадии зрелости гонад рыб использовали универсальную общепринятую шкалу, включающую 6 стадий зрелости для самцов и самок [Сакун, Буцкая, 1963; Алексеев, Алексеева, 1996], адаптированную для дальневосточных камбал [Дубинина, Золотов, 2017а, б]. Долю половозрелых рыб оценивали по соответствию наблюдаемых значений длины тела и возраста логистической модели:

$$Y = \frac{100}{1 + 10^{-(\alpha + \beta \cdot x)}},$$

где Y — доля половозрелых рыб по размерным или возрастным группам, %; x — длина либо возраст; α, β — параметры модели, оцениваемые методом наименьших квадратов (МНК). Исходя из приведенного соотношения длина и возраст 50 %-ного созревания могут быть определены как α/β .

Статистическую обработку проводили по общепринятым в биологических исследованиях методикам [Лакин, 1990].

Результаты и их обсуждение

Размерно-возрастной состав. Размерно-возрастной состав, скорость линейного роста и полового созревания являются важнейшими характеристиками, отражающими не только видоспецифические особенности, сформировавшиеся в ходе эволюции, но и степень воздействия на популяцию антропогенных факторов, главным из которых является промысел.

Однако, несмотря на то что анализу размерно-возрастной структуры популяций камбал, обитающих в дальневосточных морях России, посвящено значительное количество работ, информации по району, охватывающему заливы северо-восточной Камчатки, опубликовано немного. При этом наибольшее внимание уделялось исследованиям самого массового промыслового объекта — желтоперой камбалы. В одной из ранних работ по биологии камбал Карагинского и Олюторского заливов М.А. Петрова-Тычкова [1954] приводит характеристики ее группировки, незатронутой промыслом, кроме того, имеется относительно недавняя публикация, в которой достаточно подробно рассмотрены вопросы многолетней динамики размерно-возрастных показателей и роста желтоперой камбалы данного района [Золотов, 2008а]. Аналогичная информация по остальным видам камбал заливов северо-восточной Камчатки достаточно ограничена [Золотов, 2007а, б; Золотов, Дубинина, 2012а].

Желтоперая камбала. Анализу размерного состава желтоперой лиманды в разных районах Северной Пацифики посвящено большое количество публикаций. После первых работ П.А. Моисеева [1953] в 1930–1950-х гг. определенное внимание этому аспекту при изучении западнокамчатских камбал уделяли И.А. Полутов [1958], В.И. Тихонов [1970, 1975, 1976], Ю.П. Дьяков [2002 а, б]; в зал. Петра Великого — Т.А. Минева [1971], З.Г. Иванкова [2000]; на шельфе восточной Камчатки — И.А. Полутов [1967]. Кроме того, имеется информация о размерной структуре этого вида в северной части Охотского моря [Петрова-Тычкова, 1952; Юсупов, Каика, 2009; Юсупов, 2025]. Большое влияние на формирование представлений о размерном составе желтоперой камбалы в пределах ареала оказали работы Н.С. Фадеева [1962, 1963, 1968, 1971, 1987], при этом наиболее подробно его исследованиями были охвачены воды о. Сахалин и юго-восточная часть Берингова моря. Публикации иностранных авторов в основном описывают группировки, обитающие на шельфе зал. Аляска и в водах Британской Колумбии [Weber, Shippen, 1975; Nichol, 1997, 1998].

Известно, что этот самый массовый промысловый вид Северной Пацифики является одновременно и одним из самых мелких. Несмотря на то что предельная

длина и масса желтоперой камбалы могут достигать 49 см и 1,7 кг, в траловых уловах преобладают особи длиной 20–35 см, а средняя длина (по АС) редко превышает 30 см [Фадеев, 1987, 2005; Золотов, Буслов, 2025].

Желтоперая лиманда является самым массовым и распространенным представителем семейства камбаловых в заливах северо-восточной Камчатки. В многолетнем аспекте ее доля в снюрреводных и траловых уловах варьировала от 45 до 85 % [Золотов, 2008а]. В данном районе она встречается практически повсеместно, однако наибольшие концентрации приурочены к северной и центральной частям Карагинского и восточной части Олюторского заливов. Основные скопления формируются в период размножения в мае-июне на мелководных участках шельфа [Золотов, 2011].

Ранее было показано, что статистически значимые различия между размерным составом желтоперой лиманды из промысловых траловых и снюрреводных уловов в данном районе отсутствуют [Золотов, 2008а], что дает возможность использовать для анализа обобщенные материалы. В целом желтоперая камбала в уловах в Карагинском и Олюторском заливах была представлена рыбами длиной от 12,0 до 48,5 см и массой от 0,025 до 1,650 кг, что сопоставимо с предельными показателями для данного вида из других районов [Фадеев, 1987, 2005; Борец, 1997; Юсупов, 2025]. Основу уловов составляли особи размером от 24 до 30 см и возрастом 6–9 лет, на долю которых приходилось более 70 % общей численности (рис. 1, А–3, А).

Среди мелкоразмерных рыб длиной 22–28 см и массой 100–200 г доминировали самцы, тогда как среди особей длиной свыше 36 см и массой более 400 г преобладали самки. Средние за весь период значения длины и массы тела у самок оказались выше, чем у самцов: соответственно 28,1 см и 299 г и 26,0 см и 212 г. Указанные различия являлись проявлением полового диморфизма по скорости линейного роста.

Возрастной состав самцов и самок желтоперой камбалы, напротив, был сходным. Основной вклад в уловы обеспечивали 6–9-летние особи, на долю которых приходилось соответственно 71,4 и 70,0 %. Средний возраст рыб в уловах независимо от пола составил 7,1 года.

Предельный возраст самцов и самок составил 17+ и 22+ года, что вполне сопоставимо с аналогичными показателями для особей, обитающих на шельфе смежных районов и у западной Камчатки (табл. 2). Данные о более значительной (до 34 лет — у берегов Северной Америки [Munk, 2001]) продолжительности жизни желтоперой камбалы нашими исследованиями пока не подтверждаются, что, возможно, обусловлено высокой интенсивностью промысла.

Ранее было показано, что проявлением чрезмерной промысловой нагрузки на группировку желтоперой камбалы Карагинского и Олюторского заливов является омоложение ее возрастного состава, проявляющееся в уменьшении доли старшевозрастных и увеличении мелкоразмерных особей в уловах [Золотов, 2008а]. Это подтверждает выводы ряда исследователей [Минева, 1971; Иванкова, 1975; Юсупов, Каика, 2009] об уязвимости этого вида для промысла.

Северная двухлинейная камбала (далее по тексту — двухлинейная) является вторым по промысловой значимости видом в дальневосточных морях России [Золотов, Захаров, 2008; Золотов, Дубинина, 2013]. В Карагинском и Олюторском заливах этот вид встречается повсеместно, однако наибольшие концентрации наблюдаются в районе, прилегающем к мысу Олюторскому, где в нерестовый период, с февраля по март, осуществляется его целевая добыча [Золотов и др., 2023]. На остальных участках шельфа в заливах двухлинейную камбалу в основном добывают в качестве прилова.

Несмотря на то что отдельные особи двухлинейной камбалы достигают довольно крупных размеров — до 60 см (по АС) и более 3,0 кг по массе [Фадеев, 2005], в целом этот вид несколько крупнее желтоперой лиманды и, напротив, мельче звездчатой и четырехбугорчатой. По данным предыдущих исследований, в траловых уловах у северных Курильских островов встречались рыбы длиной от 11 до 52 см, массой от 90 до 1700 г и возрастом от 5 до 17 лет (по отолитам), а доминировали особи размером

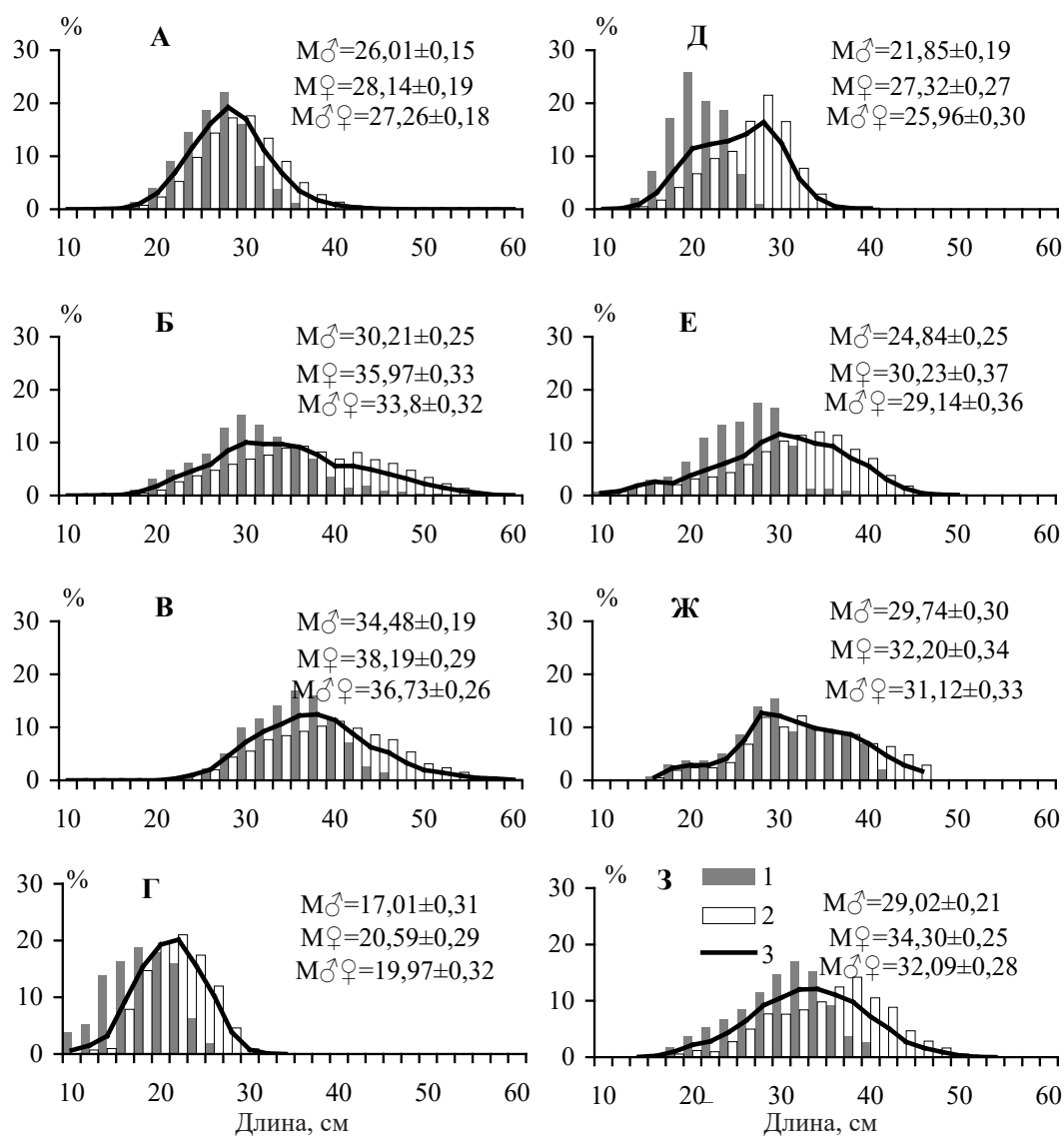


Рис. 1. Размерный состав тралово-снюрреводных уловов камбал Карагинского и Олюторского заливов (длина по АС): 1 — самцы, 2 — самки, 3 — обобщенный состав; А — желтоперая, Б — двухлинейная, В — четырехбугорчатая, Г — сахалинская, Д — хоботная, Е — северная палтусовидная, Ж — узкозубая палтусовидная, З — звездчатая. Указана средняя длина рыб в уловах

Fig. 1. Size composition of flatfish species in catches of bottom trawl and Danish seine in the Karaginsky and Olyutorsky Bays (average AC length): 1 — male, 2 — female, 3 — both sexes; А — yellowfin sole, Б — rock sole, В — alaska plaice, Г — sakhalin sole, Д — longhead dab, Е — bering flounder, Ж — flathead sole, З — starry flounder

26–36 см [Кузнецова, Кунин, 2002]; в заливах восточной Камчатки в 1968–1973 гг. в уловах отмечались особи длиной от 16 до 45 см, а преобладали рыбы размером 24–32 см [Полутов, 1975]; на шельфе наваринского района при проведении исследовательских работ в 1996–2002 гг. в тралово-снюрреводных уловах были отмечены рыбы длиной от 11 до 57 см, массой от 20 до 1250 г и возрастом от 4 до 20 лет, доминировали особи с длиной тела 29–40 см в возрасте 10–14 лет [Датский, Андронов, 2007].

Согласно данным наших исследований на северо-восточном шельфе Камчатки в снюрреводных и траловых уловах были отмечены особи длиной от 14 до 60 см и

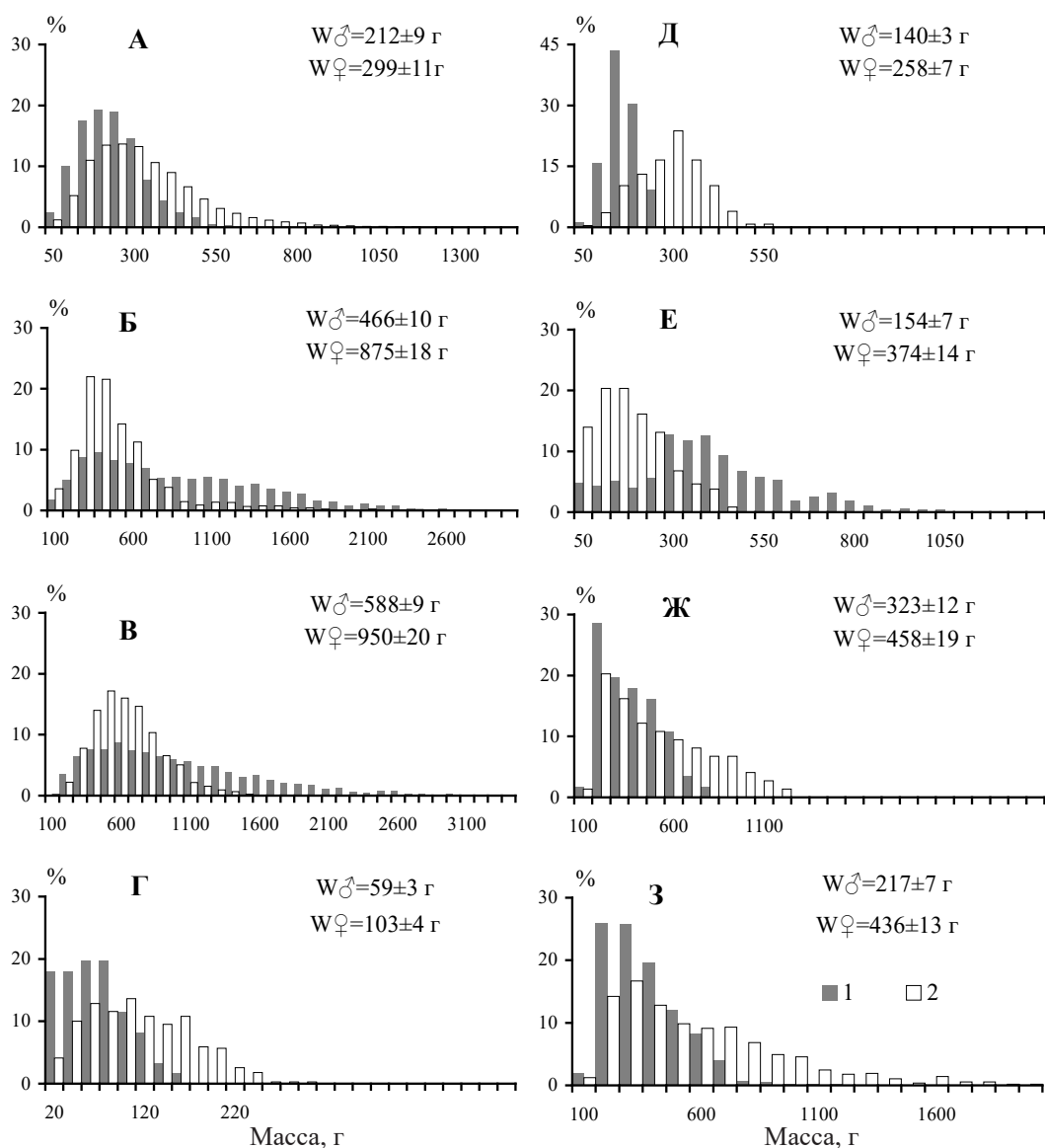


Рис. 2. Весовой состав тралово-снюрреводных уловов камбал Карагинского и Олюторского заливов; 1 — самцы, 2 — самки; А — желтоперая, Б — двухлинейная, В — четырехбугорчатая, Г — сахалинская, Д — хоботная, Е — северная палтусовидная, Ж — узкозубая палтусовидная, З — звездчатая. Указана средняя масса самцов и самок

Fig. 2. Weight composition of flatfish species in catches of bottom trawl and Danish seine in the Karaginsky and Olyutorsky Bays (average weight): 1 — male, 2 — female, 3 — both sexes; А — yellowfin sole, Б — rock sole, В — alaska plaice, Г — sakhalin sole, Д — longhead dab, Е — bering flounder, Ж — flathead sole, З — starry flounder

массой от 0,03 до 3,0 кг. Среди самцов основной вклад в уловы обеспечивали рыбы длиной 28–34 см (52,3 %), массой 300–600 г (69,0 %) и возрастом 5–8 лет (61,3 %). У самок преобладали особи размером 30–40 см (47,8 %), массой 300–700 г (41,3 %) и возрастом 5–10 лет (66,1 %) (рис. 1, Б–З, Б).

Предельный наблюдаемый возраст рыб в уловах составил 31+ и 29+ лет соответственно для самцов и самок (табл. 2). Эти показатели в настоящее время являются максимальными в пределах ареала и, возможно, свидетельствуют о том, что в 2000–2010-х гг. группировка двухлинейной камбалы, обитающая в заливах северо-восточной

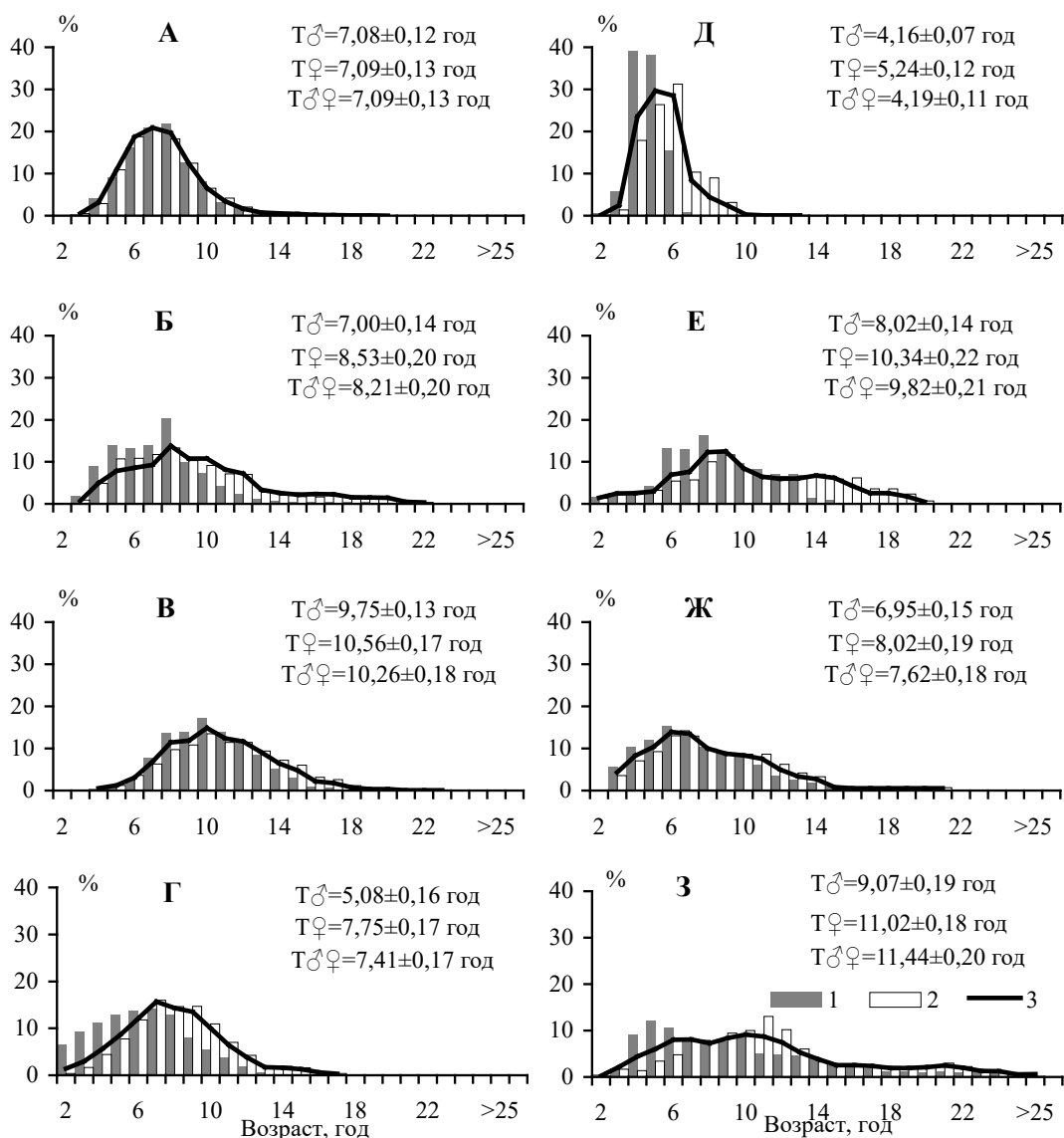


Рис. 3. Возрастной состав тралово-снюрреводных уловов камбал Карагинского и Олюторского заливов: 1 — самцы, 2 — самки, 3 — обобщенный состав; А — желтоперая, Б — двухлинейная, В — четырехбугорчатая, Г — сахалинская, Д — хоботная, Е — северная палтусовидная, Ж — узкозубая палтусовидная, З — звездчатая. Указан средний возраст рыб в уловах

Fig. 3. Age composition of flatfish species in catches of bottom trawl and Danish seine in the Karaginsky and Olyutorsky Bays (average age): 1 — male, 2 — female, 3 — both sexes; А — yellowfin sole, Б — rock sole, В — alaska plaice, Г — sakhalin sole, Д — longhead dab, Е — bering flounder, Ж — flathead sole, З — starry flounder

Камчатки, значительной промысловой нагрузки не испытывала. Поскольку ранее, на примере восточнокамчатской популяции данного вида было показано, что чрезмерное промысловое изъятие, так же как и у желтоперой камбалы, отражается в омоложении рыб в уловах и снижении их размеров [Золотов, Дубинина, 2012a].

Четырехбугорчатая камбала. В дальневосточных морях России четырехбугорчатая камбала обитает практически повсеместно, однако наиболее многочисленна и имеет промысловое значение лишь на западном и восточном побережьях Камчатки, в том числе в Карагинском и Олюторском заливах, где ее в основном добывают в качестве

прилова. В нагульный период основная масса взрослых рыб распространяется на шельфе на глубинах от 100 м и мельче, придерживаясь тех районов, где хорошо развит зимний остаточный придонный слой с низкими положительными или слабоотрицательными температурами [Золотов, 2011].

В отличие от рассмотренных выше видов, информации о размерно-возрастной структуре и линейном росте четырехбугорчатой камбалы опубликовано немного, в основном предыдущие исследователи ограничивались указанием предельных и преобладающих в уловах размеров особей из различных районов обитания [Моисеев, 1953; Фадеев, 1971, 1984, 1987, 2005; Weber, Shippen, 1975]. Исключение составляет работа А.М. Токранова и С.В. Завариной [1992], в которой достаточно подробно рассмотрены размерно-возрастная структура четырехбугорчатой камбалы западно-камчатского шельфа и ее динамика за период с 1961 по 1988 г.

Существуют также ссылки на исследования 1996–2002 гг., проведенные на корякском шельфе, в наваринском районе и в Анадырском заливе, одним из результатов которых являлся анализ размерно-возрастного состава снюрреводных и траловых уловов четырехбугорчатой камбалы этих районов [Датский, Андронов, 2007]. Результаты анализа размерно-возрастной структуры уловов четырехбугорчатой камбалы североохотоморского шельфа и тихоокеанского побережья Камчатки приводятся в двух недавно опубликованных сводках Р.Р. Юсупова [2025] и Р.Т. Овчеренко [2024].

Как следует из перечисленных работ, четырехбугорчатая камбала является одним из наиболее крупных видов камбал в Северной Пацифике. Отдельные экземпляры в восточной части Берингова моря достигают длины 62 см и массы 3,5 кг [Фадеев, 1987], в Охотском море — 60 см и 3,2 кг [Токранов, Заварина, 1992], у юго-восточного побережья Камчатки — 58 см и 3,0 кг [Золотов, 2010].

Таблица 2
Table 2
Предельный возраст камбал в прикамчатских водах и Беринговом море [по: Золотов, 2007б, с дополнениями], годы
Maximum empirical age of flatfish species in the Bering Sea and waters at Kamchatka [from [Zolotov, 2007b], with additions]

Вид	Районы											
	1		2		3		4		5		6	
	Самцы	Самки	Самцы	Самки	Самцы	Самки	Самцы	Самки	Самцы	Самки	Самцы	Самки
<i>H. elassodon</i>	14	18	21	17	23	21	12	—	9	24	—	32
<i>H. robustus</i>	15	18	13	20	—	—	—	—	—	—	—	29
<i>L. aspera</i>	18	18	17	22	17	14	—	—	23	23	—	39
<i>L. sakhalinensis</i>	—	—	14	17	12	17	—	—	18	23	—	—
<i>L. polyxystra</i>	20	23	31	29	26	31	19	22	24	20	—	27
<i>M. proboscidea</i>	—	—	15	15	9	10	—	—	20	20	—	—
<i>P. stellatus</i>	34	28	38	36	33	29	—	—	32	36	—	—
<i>P. quadrifasciatus</i>	32	31	25	30	30	30	—	—	30	30	—	37

Примечание. 1 — наваринский район и корякский шельф; 2 — Карагинский и Олоторский заливы; 3 — тихоокеанские воды Камчатки и северных Курильских островов; 4 — Командорские острова; 5 — западнокамчатский шельф; 6 — восточная часть Берингова моря.

В Карагинском и Олюторском заливах предельные показатели четырехбугорчатой камбалы достигали 63,5 см и 3,5 кг. При этом основу уловов составляли рыбы длиной 34–40 см и массой 400–800 г, на долю которых приходилось более половины уловов по численности. Среди самцов в уловах преобладали особи длиной 32–40 см (более 70,0 %), массой 400–800 г (72,0 %) и возрастом 8–11 лет (58,2 %) (рис. 1, В–3, В). У самок эти показатели составляли 34–44 см (57 %); 600–1000 г (38 %) и 9–12 лет (47 %). Средние длина и масса самцов — 34,5 см и 588 г, самок — 38,2 см и 950 г.

Предельный эмпирический возраст четырехбугорчатой камбалы в уловах в Карагинском и Олюторском заливах составил 25+ и 22+ года соответственно для самцов и самок, что значительно меньше, чем в восточной части Берингова моря и в наваринском районе, где максимальная продолжительность жизни вида оценивается в 32 года (табл. 2). Возможно, отсутствие в уловах более старших рыб, так же как и в случае с желтоперой лимандой, связано с повышенным уровнем промысловой смертности при добыче камбал в Карагинском и Олюторском заливах: этот вид является одним из основных в прилове, и его среднемноголетний вклад в промысловых уловах составляет около 15 % [Золотов, 2010].

Звездчатая камбала. По биомассе и численности на шельфе северо-восточной Камчатки звездчатая камбала занимает второе место, уступая лишь желтоперой лиманде [Золотов, 2010]. Однако в структуре промысла камбал этот вид имеет подчиненное положение и добывается только в качестве прилова: ее основные концентрации в летне-осенний сезон приурочены к мелководным участкам, малодоступным для облова тралами и снюрреводами [Золотов, 2011].

Относительно размерно-возрастной структуры звездчатой камбалы в литературе имеются данные из уловов донными тралами [Моисеев, 1953], ставными сетями и закидными неводами [Токранов, 1993] на шельфе западной Камчатки; ставными сетями и неводами в прибрежной зоне северного Приморья [Колпаков, 2005]; донными тралами в период учетных работ у северо-восточного побережья о. Сахалин [Пометеев, 2002, 2004] и в зал. Терпения [Фадеев, 1971]. По результатам этих работ выяснено, что в траловых уловах преобладают особи длиной (по АС) 36–42 см и массой 500–800 г, а средний размер зачастую превышает 40 см.

Наряду с четырехбугорчатой, звездчатая камбала является одним из наиболее крупных видов. В Охотском море предельная длина и масса звездчатой камбалы по одним данным составляет до 57 см и до 2,9 кг [Фадеев, 1987], по другим — до 63 см, а у побережья Сахалина — до 50 см и 2 кг [Фадеев, 1971]. В тихоокеанских водах Камчатки максимальная зарегистрированная длина в уловах 55 см [Овченко, 2024].

Согласно результатам наших исследований в траловых и снюрреводных уловах были отмечены особи звездчатой камбалы длиной от 12 до 46 см, массой от 20 до 1970 г и возрастом от 2 до 31 года. Основу уловов составляли рыбы длиной 28–38 см, на долю которых приходилось около 65 % общей численности (рис. 1, 3–3, 3).

В целом самцы *P. stellatus* мельче самок, их средняя длина и масса составили 29,6 см и 217 г, тогда как у самок — 34,3 см и 436 г. Среди первых преобладали рыбы размером 28–34 см, чей вклад достигал 58 %. У самок доминировали особи длиной 34–42 см, и их доля — 56 %. В отличие от желтоперой лиманды, у которой возрастной состав самцов и самок оказался сходным, среди самцов звездчатой камбалы преобладали 4–7-годовики (40,2 %), тогда как у самок наибольшим был вклад 10–13-летних рыб (43,0 %).

При сравнительном анализе структуры уловов *P. stellatus* ставными неводами и снюрреводами в смежных районах Карагинского залива в 2005 г. (участки 1 и 2, рис. 4) было выяснено, что ее размерно-возрастной состав в мористой части и в прибрежье значительно различается [Золотов, 20086].

В первом случае основу уловов составляли рыбы длиной 24–30 см (64 %) возрастом 5–7 лет, во втором — 32–38 см (54 %) возрастом 8–12 лет (рис. 5). Как можно

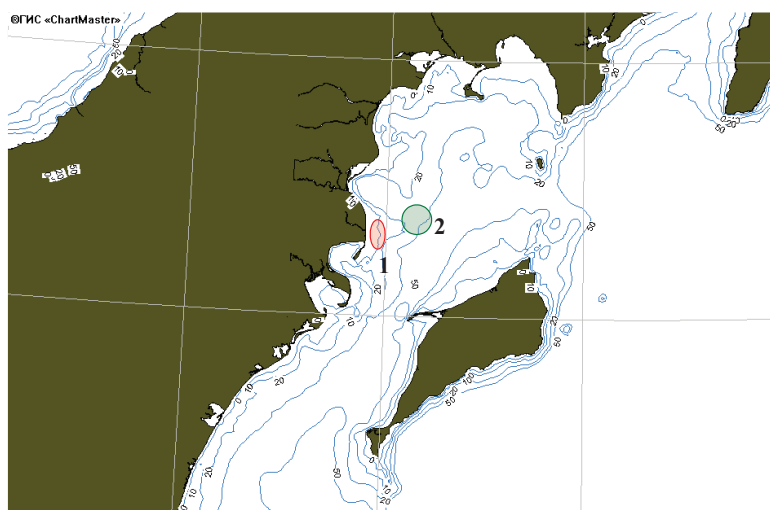


Рис. 4. Районы сбора материалов по размерно-возрастной структуре звездчатой камбалы в 2005 г.: 1 — ставными неводами в устье р. Гэтыгырваям, глубина до 10 м; 2 — снюрреводами на глубинах 25–50 м

Fig. 4. Areas of the starry flounder samples collection for investigation of size-age structure in 2005: 1 — fixed nets at the mouth of Gatygyrvayam River, depth up to 10 m; 2 — Danish seines at depths of 25–50 m

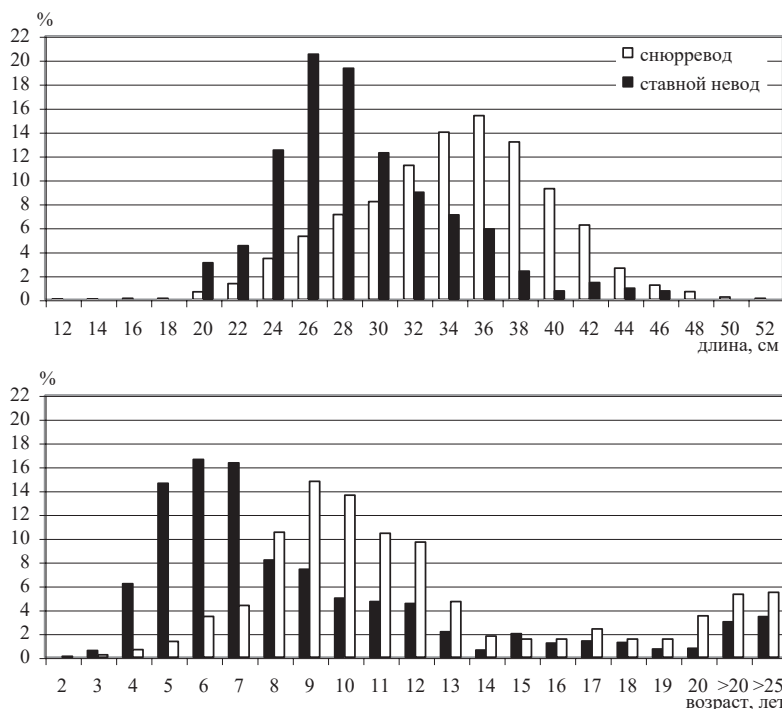


Рис. 5. Размерно-возрастной состав звездчатой камбалы Карагинского залива из уловов снюрреводами и ставными неводами

Fig. 5. Size-age composition of starry flounder in catches of Danish seine and fixed nets in the Karaginsky Bay

видеть, в данном случае картина была сходной с таковой на западнокамчатском шельфе [Токранов, 1993] и в прибрежных районах северного Приморья [Колпаков, 2005], где четко проявлялась зависимость увеличения длины и возраста рыб по мере удаления от берега.

Кроме того, в уловах ставными неводами достаточно большим оказалось количество старших рыб, чей возраст превышал 30 лет (около 2 % общей численности). Максимальный эмпирический возраст, оцененный по отолитам, составил 38 лет и был отмечен у самца звездчатой камбалы длиной 33,5 см. Это наибольшая продолжительность жизни для этого вида, зафиксированная в настоящее время (табл. 2).

Хоботная камбала самая малочисленная из промысловых камбал прикамчатских вод. Из-за невысокой промысловой привлекательности исследованиям хоботной камбалы не уделялось повышенного внимания. В основном в печати приводятся отрывочные сведения относительно отдельных аспектов ее биологии в ряде обобщающих сводок [Фадеев, 2005]. Подобно звездчатой камбале, в летнее время ее особи преимущественно обитают в распресненных зонах в приустьевых участках рек на глубинах 10–50 м, хотя встречаются и на шельфе до глубины 100–200 м [Золотов, 2011]. Нагул на северо-восточном шельфе Камчатки происходит на мелководье заливов Корфа и Олюторский и в южной части прол. Литке. Наибольшая плотность скоплений приурочена к диапазону глубин 25–50 м, где хоботную камбалу добывают снюрреводами в качестве прилова.

Наряду с сахалинской хоботная камбала является одной из самых мелких. По литературным данным основу ее уловов на западнокамчатском шельфе составляют особи длиной 28–34 см, а средняя длина по АС, даже в группировках, не затронутых промыслом, редко превышает 30 см [Моисеев, 1953; Фадеев, 1987].

По результатам исследований в Карагинском и Олюторском заливах выяснено, что предельная длина хоботной камбалы в тралово-снюрреводных уловах может достигать 42 см. Среди самцов в уловах доминировали особи длиной 20–26 см (82,2 %), массой 100–200 г (89,3 %) в возрасте 4–5 лет (77,2 %); у самок — рыбы размером 26–32 см (65,5 %), массой 250–350 г (56,9 %) в возрасте 4–6 лет (75,4 %) (см. рис. 1, Д–3, Д).

Предельная продолжительность жизни у этого вида наименьшая из рассматриваемых и составляет всего 13+ лет для самок и 10+ лет для самцов, хотя, возможно, это объясняется незначительным объемом выборки, поскольку на западнокамчатском шельфе данная величина оценивалась на уровне 20+ лет (табл. 2).

Сахалинская камбала. Это самый мелкий вид из рассматриваемых камбал. Нерест у сахалинской камбалы летний, после которого ее нагульные скопления широко распределяются по шельфу и отмечаются в пределах заливов Олюторский и Корфа на глубинах от 75 до 100 м практически повсеместно [Золотов, 2011].

Сахалинскую лиманду традиционно относят к потенциально промысловым видам лишь в силу ее многочисленности. В настоящее время в литературе имеются сведения о ее размерно-возрастном составе в траловых уловах на западнокамчатском шельфе, причем возраст в этом случае был определен по отолитам [Кузнецов, Кузнецова, 2002]. Как следует из этой работы, в уловах были встречены особи длиной от 16 до 32 см, возрастом от 4 до 12 лет, а их основу в 1999 г. составляли рыбы размером 26–28 см в возрасте 8–9 лет. Средняя длина самцов в уловах — 25,0 см, средний возраст — 6,2 года; самок — 26,9 см и 8,0 лет.

В северной части Охотского моря самцы сахалинской камбалы достигают длины 28 см и массы 206 г в возрасте 18 лет, самки — 35 см и 408 г в возрасте 21 года [Юсупов и др., 2020].

За период исследований на северо-восточном шельфе Камчатки в снюрреводных и траловых уловах отмечались ее особи длиной до 34 см и массой до 0,5 кг; их основу, как правило, составляли особи длиной 18–24 см (около 70 % по численности) и возрастом 6–9 лет (рис. 1, Г–3, Г).

Самцы были несколько мельче самок, хотя это и не столь явно выражено, как у других видов. Среди первых в уловах преобладали особи длиной 16–22 см (69,0 %), массой 20–80 г (75,4 %) в возрасте 4–7 лет (51,7 %). Среди самок доминировали особи размером 20–24 см (58,1 %), массой 60–140 г (69,2 %) в возрасте 6–9 лет (57,0 %). Средние длина и масса самцов — 17,0 см и 59 г и самок — 20,6 см и 103 г.

Вопреки распространенным представлениям о сахалинской камбале как о короткоцикловом виде [Борец, 1997; Дьяков, 2002], по нашим данным ее предельный возраст в снюрреводных уловах в Карагинском и Олюторском заливах составил 14+ лет у самцов, и 17+ лет — у самок (на западнокамчатском шельфе — до 22). Полученные результаты позволяют относить сахалинскую камбалу к рыбам со средней продолжительностью жизни.

Палтусовидные камбалы. Ситуация с исследованиями особенностей биологии палтусовидных камбал в российских дальневосточных водах выглядит наиболее запутанной, во многом это объясняется их значительным визуальным сходством, в связи с чем корректная идентификация этих камбал в полевых условиях затруднена. В ходе наших исследований для разделения северной и узкозубой палтусовидных камбал в уловах применяли методику, основанную на морфологических различиях этих видов, предложенную и опробованную ранее [Золотов, 2004].

В целом в период с июля по декабрь основная масса палтусовидных камбал на северо-восточном шельфе Камчатки сосредоточена в заливах Корфа и Олюторском, где они встречаются практически повсеместно. Наибольшие плотности скоплений в июле-сентябре отмечались на глубинах 75–100 м, а в октябре-декабре — в интервале от 100 до 125 м [Золотов, 2007а, 2011].

В снюрреводных уловах палтусовидные камбалы практически не встречаются, даже в прилове. В траловых уловах северная палтусовидная камбала была представлена особями длиной от 10 до 50 см, а основной вклад обеспечивали рыбы длиной 28–36 см, на долю которых приходилось 51,8 % по численности. Средняя длина особей за весь период наблюдения составила 28,1 см.

В уловах узкозубой палтусовидной камбалы отмечены особи длиной от 16 до 46 см. Основу уловов также формировали особи размером 28–36 см, чей вклад составлял около 54,9 %. Средняя длина *H. elassodon* была несколько больше и составила 31,1 см.

Среди самцов северной палтусовидной камбалы преобладали особи длиной 24–32 см (61,2 %), массой 100–250 г (70,0 %) в возрасте 6–9 лет (54,8 %) (рис. 1, Е, Ж–3, Е, Ж). Для самцов узкозубой палтусовидной камбалы соответствующие показатели составили: 28–36 см (57,7 %), 200–400 г (66,0 %) и 5–8 лет (51,9 %).

Среди самок *H. robustus* доминировали особи размером 30–38 см (53,8 %), массой 300–450 г (46,3 %) и возрастом 8–12 лет (42,9 %); у *H. elassodon* — длиной 28–36 см (53,1 %), массой 200–500 г (59,5 %) и возрастом 6–10 лет. Таким образом, в среднем самки и самцы узкозубой палтусовидной камбалы были заметно крупнее, чем северной. Предельный возраст в уловах у этих двух видов оказался сопоставим и составил 20 и 21 год (табл. 2), что сопоставимо со смежными районами прикамчатского шельфа и заметно меньше, чем в восточной части Берингова моря.

Линейный рост

Желтоперая камбала. Изучением роста желтоперой камбалы занимались многие исследователи. Рост желтоперой камбалы сахалинских вод рассмотрен в ряде работ Н.С. Фадеева [1963, 1971, 1987] и С.Н. Тарасюка [1997]. Было отмечено, что большую часть года рост замедлен, а период его ускорения совпадает с периодом питания. При этом особое значение имеет влияние среды, определяющее длительность периода нагула. Для желтоперой камбалы западнокамчатского шельфа была обнаружена обратная связь скорости роста с численностью [Тихонов, 1976]. Имеется ряд публикаций по этому вопросу для камбал, обитающих в зал. Петра Великого [Моисеев, 1953; Иванкова, 2000]. Из перечисленных выше работ следует, что в последнем районе желтоперая лиманда обладает наибольшей скоростью роста.

К сожалению, в большинстве этих работ, за исключением публикации С.Н. Тарасюка [1997], для определения возраста желтоперой камбалы использовалась чешуя, тогда как в наших исследованиях мы применяли метод обратных расчислений по отолитам. Поэтому полученные нами результаты не могут быть напрямую сопоставлены с данными предыдущих исследований.

Особенности роста желтоперой камбалы Карагинского и Олюторского заливов были достаточно подробно рассмотрены ранее [Золотов, 2008а]. В частности, было выяснено, что желтоперая лиманда относится к рыбам, которые относительно медленно достигают размеров, близких к предельным, и кривая роста которых малоизогнута (рис. 6, А). Рост имеет выраженный асимптотический характер. Независимо от пола максимальные приросты наблюдаются в течение первых трех лет жизни и составляют 4–5 см. Из-за летнего нереста абсолютные приросты на втором году жизни больше, чем на первом [Золотов, 2006а].

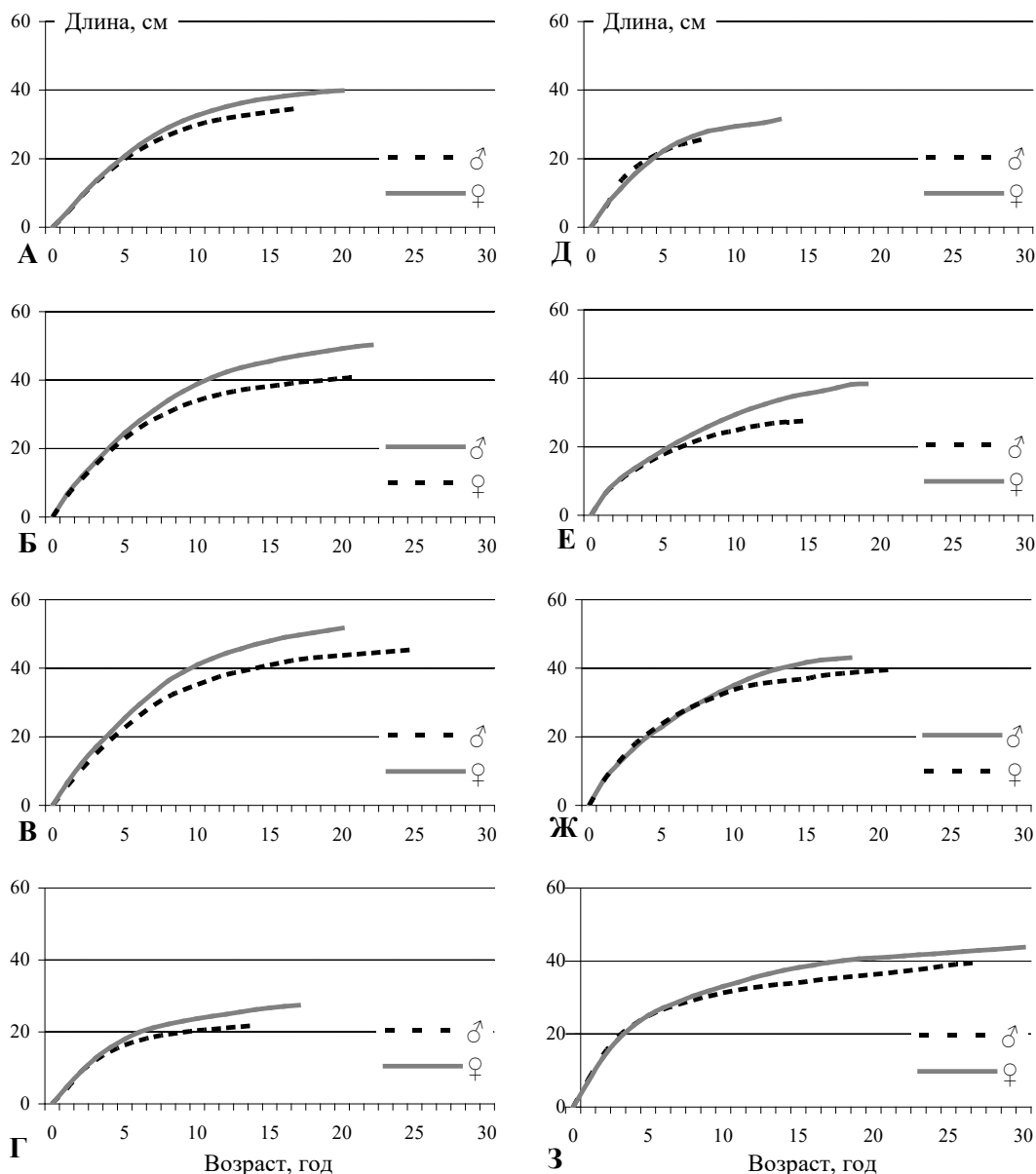


Рис. 6. Линейный рост камбал Карагинского и Олюторского заливов по данным метода обратных расчислений: А — желтоперая, Б — двухлинейная, В — четырехбугорчатая, Г — сахалинская, Д — хоботная, Е — северная палтусовидная, Ж — узкозубая палтусовидная, З — звездчатая («морская» группировка)

Fig. 6. Linear growth of flatfish species in the Karaginsky and Olyutorsky Bays: А — yellowfin sole, Б — rock sole, В — alaska plaice, Г — sakhalin sole, Д — longhead dab, Е — bering flounder, Ж — flathead sole, З — starry flounder («marine» group)

Самцы растут достоверно медленнее самок, что связано с половым диморфизмом по скорости линейного роста, присущим многим видам камбаловых [Дьяков, 2011]. Уже в годовалом возрасте длина самок желтоперой камбалы составляет 4,38 см против 4,15 см у самцов. К четвертому году жизни, когда длина особей составляет 17,47 и 16,76 см, различия становятся достоверными и далее только увеличиваются. К пятнадцати годам самки в среднем на 4,0 см длиннее одновозрастных самцов.

В ихтиологической практике для описания асимптотического роста рыб часто используется уравнение Бергаланфи:

$$L_t = L_{\infty} \cdot (1 - e^{-k \cdot (t - t_0)}),$$

где L_t — длина рыбы в возрасте t ; L_{∞} — физиологически возможная длина особи; k — коэффициент замедления роста; t_0 — возраст, при котором длина организма была бы равна нулю [Мина, Клевезаль, 1976].

Параметры уравнения Бергаланфи для всех промысловых видов камбал, рассматриваемых в настоящей работе, рассчитаны на основе данных обратных расчислений роста (табл. 3). Полагаем, эти данные могут оказаться полезными при проведении межвидовых или популяционных сравнений темпов роста камбаловых.

Таблица 3

Параметры уравнения линейного роста Бергаланфи для промысловых видов камбал Карагинского и Олюторского заливов

Table 3

Parameters of the von Bertalanffy linear growth function for flatfish species in the Karaginsky and Olyutorsky Bays

Вид	Самцы			Самки		
	L	k	t_0	L	k	t_0
<i>H. elassodon</i>	40,4	0,17	−0,13	49,3	0,12	−0,31
<i>H. robustus</i>	30,3	0,16	−0,50	45,4	0,10	−0,62
<i>L. aspera</i>	43,1	0,12	0,05	48,6	0,12	0,15
<i>L. sakhalinensis</i>	21,9	0,29	0,24	27,8	0,20	0,05
<i>L. polyxistra</i>	42,1	0,16	0,10	53,6	0,12	0,06
<i>M. proboscidea</i>	27,1	0,37	0,32	33,0	0,22	0,14
<i>P. stellatus</i> (1)*	35,0	0,16	−0,67	44,5	0,11	−0,95
<i>P. stellatus</i> (2)	38,0	0,17	−0,78	43,6	0,14	−0,69
<i>P. quadrituberculatus</i>	46,7	0,14	0,18	56,2	0,13	0,13

* 1 — «прибрежная» группировка; 2 — «морская» группировка.

Кроме того, на основании анализа изменений константы роста в жизненном цикле желтоперой камбалы ранее были выделены три основных периода со сходными для самцов и самок изменениями [Золотов, 2008а]. Первый временной интервал начинается от рождения особи и продолжается у самцов до шестого года жизни включительно, а у самок — до восьмого. Этот срок сопоставим с возрастом массового полового созревания, после которого происходят существенные изменения в процессах обмена, и основные энергетические затраты организма связаны уже не с соматическим ростом, а с генеративным. Второй временной интервал продолжается у самцов вплоть до 12, а у самок — до 14 лет и соответствует наиболее продуктивному возрасту. Этот период сменяется этапом старения, который продолжается до окончания жизни.

Анализ многолетней динамики удельной скорости роста для желтоперой лиманды северо-восточного шельфа Камчатки позволил выявить периоды появления быстро- и медленно растущих генераций и связать их с интервалами снижения или роста численности популяции [Золотов, 2008а]. Кроме того, было показано, что у данного вида проявляются ограниченные способности к компенсационному росту. У самцов и самок тех поколений, которые отличались повышенным темпом, после достижения возраста массового полового созревания скорость роста снижалась. И напротив, особи медлен-

норастущих поколений после достижения половой зрелости несколько компенсировали отставание за счет ускоренного роста в последующие годы.

Имеющиеся в настоящий момент данные позволяют сравнить особенности роста трех группировок желтоперой камбалы, обитающих на западно- и восточнокамчатском шельфе и в заливах северо-востока Камчатки (рис. 7, А). Наименьшей скоростью линейного роста характеризуются рыбы, обитающие на тихоокеанском шельфе полуострова. Это касается как самцов, так и самок.

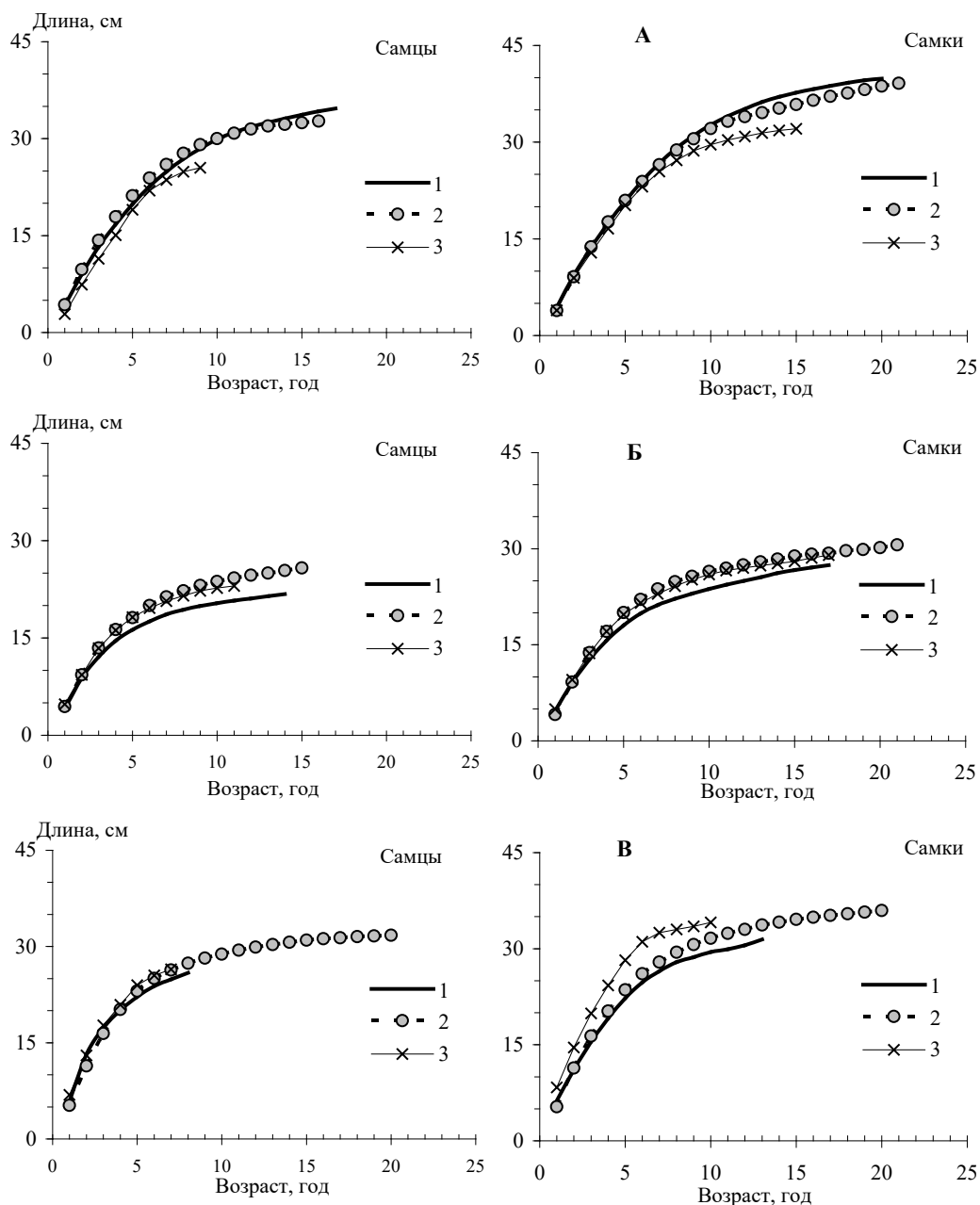


Рис.7. Линейный рост камбал Карагинского и Олюторского заливов (1), западнокамчатского шельфа (2) и тихоокеанского побережья Камчатки (3): А — желтоперая, Б — сахалинская, В — хоботная

Fig. 7. Linear growth of flatfish species in the Karaginsky and Olyutorsky Bays (1), on the shelf of West Kamchatka (2), and in the Pacific waters at Kamchatka (3): А — yellowfin sole, Б — sakhalin sole, В — longhead dab

Возраст, при котором длина особей из этого района становится значимо меньше по сравнению с двумя другими группировками, составляет два года, после чего различия нарастают и к десяти годам составляют 3,0–3,5 см. Величины годовых приростов и длина тела (по АС) самцов и самок желтоперой камбалы двух остальных районов до 9-го года жизни значимо не различаются. После этого скорость роста особей, обитающих у западной Камчатки, снижается. К 15 годам длина самцов и самок из Карагинского и Олюторского заливов превосходит таковую для западнокамчатских соответственно на 1,2 и 1,9 см.

Северная двухлинейная камбала. В отличие от других видов камбал для данного вида ранее был выполнен сравнительный анализ особенностей роста нескольких крупных группировок, обитающих в Дальневосточном бассейне [Золотов, Дубинина, 2012б]. Показано, что наибольшей скоростью линейного роста отличаются самцы и самки двухлинейной камбалы из Олюторского залива, далее следуют особи из района у мыса Наварин и в Карагинском заливе, медленнее всех растут рыбы, населяющие прибрежную зону Командорских островов, остальные группировки занимают промежуточное место.

В целом рост двухлинейной камбалы, так же как желтоперой, асимптотический, и независимо от пола максимальные приросты отмечаются на первых годах жизни и составляют 4–6 см (см. рис. 6, Б). Северной двухлинейной камбале также присущ половой диморфизм по скорости линейного роста: самки растут быстрее самцов. Достоверные различия в длине особей отмечаются на втором-третьем году жизни; к концу пятого года различия достигают 1,0–1,5 см; к концу десятого года — 4,0–5,0 см, а к пятнадцати годам — 6,0–7,0 см.

Наибольшей скоростью роста отличаются особи относительно немногочисленных группировок, обитающих в районах с высокой плотностью бентоса и с расширенной площадью нагульного ареала. Поэтому наибольшие годовые приросты характерны именно для рыб, населяющих шельф у мыса Олюторского, в Карагинском заливе и у мыса Наварин, наименьшие — у Командорских островов, остальные группировки занимают промежуточное положение.

Так же как и у желтоперой лиманды, фактор плотности влияет на скорость роста в пределах одной группировки. На примере северной двухлинейной камбалы тихоокеанского побережья Камчатки было показано, что период увеличения численности в 1990-е гг. совпадал с появлением поколений с пониженной скоростью роста [Золотов, Дубинина, 2012а].

Четырехбугорчатая камбала. Как и у других видов, самки четырехбугорчатой камбалы Карагинского и Олюторского заливов растут существенно быстрее самцов (см. рис. 6, В). Разница в годовых приростах и длине тела (по АС) между одновозрастными особями становится достоверной уже к концу первого года жизни. В среднем рассчитанная длина годовалых самок составляет 6,62 см, тогда как самцов лишь 5,60 см; на пятом году жизни разность в длине составляет 2,8 см (25,56 см против 22,76); на десятом — 5,8 см (41,0 и 35,24 см); а к 20 годам 7,95 см (51,72 и 43,77 см).

Звездчатая камбала. Анализ особенностей роста звездчатой камбалы Карагинского залива свидетельствует о том, что особи, которые облавливаются снюрреводами, имеют большую скорость роста (рис. 8), тогда как в распресненных зонах в уловах ставными неводами в основном встречаются рыбы, обладающие замедленным темпом линейного роста [Золотов, 2008б].

Различия в длине тела между самцами и самками из уловов этими двумя орудиями лова достоверны на 5 %-ном уровне значимости начиная со второго года жизни. При этом у самцов из уловов неводами и снюрреводами к 10-му году жизни разница в длине достигает 2,8 см, у самок — 1,9 см. После 20-го года жизни темп роста самок, обитающих на шельфе, постепенно замедляется, и различия в длине тела постепенно сокращаются. У самцов наблюдается обратная картина, и к 27 годам разность в размерах превышает 5 см.

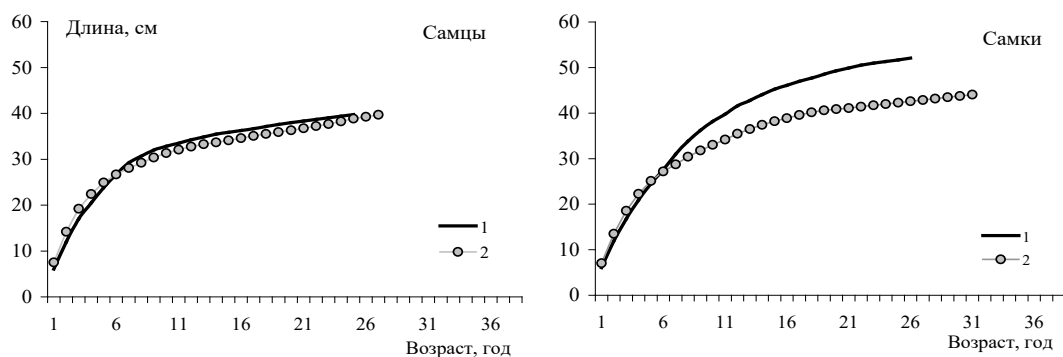


Рис. 8. Линейный рост звездчатой камбалы Карагинского и Олюторского: 1 — ставные невода, 2 — снюрреводы

Fig. 8. Linear growth of starry flounder caught in the Karaginsky and Olyutorsky Bays by fixed nets (1) and by Danish seine (2)

Приведенные факты, видимо, подтверждают предположения Н.С. Фадеева [2005] о существовании у звездчатой камбалы двух экологических форм — прибрежной, заходящей в устья рек, и морской, обитающей на больших глубинах. В настоящее время с учетом того, что молодь данного вида после выклева примерно до 4–5-го года жизни обитает в прибрежье [Золотов, 2011], остается невыясненным, на каком этапе впоследствии происходит разделение особей и почему одна часть предпочитает и в дальнейшем держаться на мелководье, тогда как другая смещается на шельф.

Как и у других видов камбал, самки *P. stellatus* обеих экологических группировок растут быстрее самцов. У рыб, обитающих преимущественно в прибрежье, эти различия становятся достоверными на четвертом, а у шельфовых — на шестом году жизни (см. рис. 6, 3). К 10 годам разница в длине тела между одновозрастными самцами и самками достигает в первом случае — 2,6 см, во втором — 1,7 см; к 20 годам — уже соответственно 6,8 и 4,7 см.

Таким образом, имеющийся в нашем распоряжении материал позволяет произвести сравнения темпов линейного роста для особей морских экологических группировок, обитающих на западном и северо-восточном шельфе Камчатки (рис. 9). В первые годы жизни самки и самцы западнокамчатской морской группировки имеют достоверно меньшую длину тела (соответственно до пятого и шестого года жизни). Вероятно, условия обитания молоди звездчатой камбалы в прибрежной распресненной зоне Карагинского и Олюторского заливов лучше, чем на западной Камчатке.

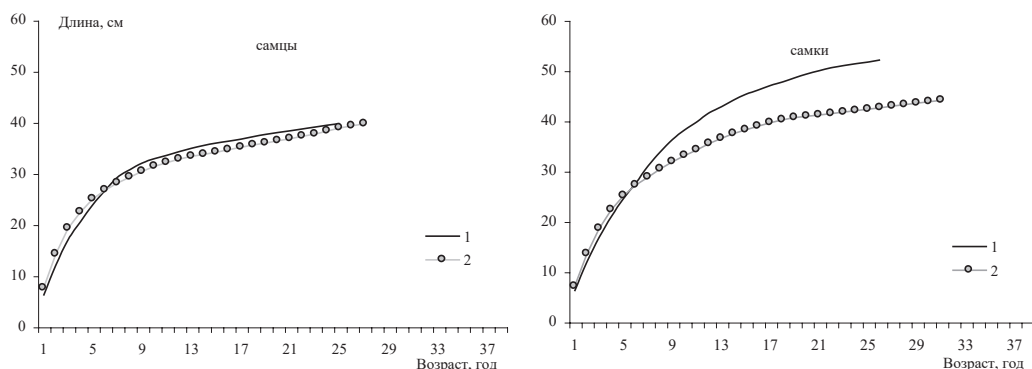


Рис. 9. Линейный рост звездчатой камбалы «морской» группировки на шельфе западной Камчатки (1), Карагинского и Олюторского заливов (2)

Fig. 9. Linear growth of starry flounder from the «marine» group on the shelf of West Kamchatka (1) and in the Karaginsky and Olyutorsky Bays (2)

Однако впоследствии, при переходе к шельфовому образу жизни, скорость роста звездчатой камбалы северо-восточного побережья Камчатки снижается, и к седьмому году уже западнокамчатские особи имеют достоверно большие размеры тела. Особенно быстрым ростом отличаются самки, длина которых к 15 годам составляет 45 см, а к 22 годам превышает 50 см, что выше соответствующих показателей для одновозрастных рыб из Карагинского и Олюторского заливов на 7 и 9 см. Указанные данные сопоставимы с результатами исследований темпов роста западнокамчатской звездчатой камбалы, опубликованными ранее, согласно которым к 20 годам длина самок этого вида составляет около 50 см, а предельной длины в 57 см они достигают к 26 годам жизни [Токранов, 1993; Дьяков, 2002а].

Хоботная камбала. По сравнению с другими видами особи хоботной камбалы значительно быстрее достигают длины, близкой к предельной. Так, у самцов на 7-м году жизни, а у самок на 10-м длина тела составляет около 90 % от максимальной, тогда как у других видов, за исключением сахалинской, этот период составляет соответственно 12–15 и 14–18 лет.

В остальном характер роста хоботной камбалы сходен с таковым для видов, представленных выше (см. рис. 6, Д). Рост, как и у всех других рассмотренных видов, асимптотический. В первые несколько лет половые различия не проявляются, а затем, к шестому году жизни, разность в длине тела между самцами и самками становится статистически достоверной на 5 %-ном уровне значимости. К восьми годам эта величина составляет 2,02 см.

В отличие от желтоперой камбалы, темп роста которой в заливах северо-восточной Камчатки по сравнению с западно- и восточнокамчатским шельфом максимальный, для хоботной камбалы наблюдается обратная картина (см. рис. 7, В). Как можно видеть, самцы и самки *M. proboscidea* из Карагинского и Олюторского заливов растут заметно медленнее, чем особи западно- и восточнокамчатской группировок. Для самок различия становятся достоверными с 2–3-летнего возраста, для самцов — с 5-летнего. К семи годам разность между наиболее быстрорастущими особями, обитающими на тихоокеанском шельфе Камчатки, и рыбами из северо-восточных заливов составляет 1,6 см для самцов и 6,0 см — для самок. При сравнении с западнокамчатской группировкой эти величины несколько меньше и для обоих полов составляют 1,5 см.

Сахалинская камбала. Как и хоботная камбала, особи сахалинской лиманды раньше других видов достигают длины, близкой к предельной. Возраст, при котором длина тела превышает 90 % от максимальной, у данного вида составляет 8 лет у самцов и 11 лет у самок. Возможно, ускоренный рост в первые годы жизни у *M. proboscidea* и *L. sakhalinensis* является адаптацией с целью выхода из-под пресса хищников, что актуально в связи с небольшими размерами особей данного вида.

Наибольшая скорость роста отмечается на первом году жизни (см. рис. 6, Г). Самки растут быстрее самцов, различия становятся достоверными на четвертом году жизни, когда длина тела составляет 14,6 см у самцов и 15,7 у самок. К 14 годам различия в длине составляют 4,4 см (соответственно 21,8 и 26,2 см).

Еще одним сходством с хоботной камбалой является то, что самцы и самки сахалинской лиманды из Карагинского и Олюторского заливов растут заметно медленнее по сравнению с камбалами двух других районов (см. рис. 7, Б). Во всех случаях достоверные различия отмечаются с 3-летнего возраста, а к 10 годам разница в длине тела между одновозрастными самцами и самками из северо-восточных заливов Камчатки по сравнению с западно- и восточнокамчатским шельфом достигают 2–3 см.

Палтусовидные камбалы. Анализ особенностей линейного роста палтусовидных камбал западной части Берингова моря и тихоокеанского шельфа Камчатки уже проводился ранее в связи с исследованиями их популяционной структуры [Золотов, 2007а]. В частности, было выяснено, что особи *H. robustus*, обитающие в заливах северо-восточной Камчатки, более тугорослы по сравнению с *H. elassodon*. Например, к 5 годам

разница в длине самцов *H. robustus* и *H. elassodon* северо-восточного шельфа Камчатки достигает 5,9 см, у самок — 3,9 см; к 10 годам эти показатели равны 8,8 и 5,6 см; к 15 — 9,4 и 6,1 см (см. рис. 6, Е, Ж).

Отметим также, что обоим видам палтусовидных камбал свойствен половой диморфизм по скорости линейного роста. Самки растут достоверно быстрее самцов, при этом различия в средних длинах тела к десяти годам достигают 2 см у *H. elassodon* и 3 см у *H. robustus*.

Половое созревание

Желтоперой камбале, как и большинству камбал, свойственно замедленное созревание, которое у представителей отдельного поколения растягивается на несколько лет [Моисеев, 1953; Фадеев, 1987; Борец, 1997; Четвергов, 2002]. При этом характер ее созревания в зависимости от длины в разных районах достаточно сходен: в заливах Петра Великого и Терпения самцы впервые созревают при длине 13,0 см [Фадеев, 1987], в восточной части Берингова моря — при 14,0 см [Фадеев, 1987], у западного побережья Камчатки — при 13,5 см [Четвергов, 2002], в северной части Охотского моря — 13,0 см [Юсупов, Семенов, 2023а]. Средняя длина созревания 50 % самцов этих группировок по тем же источникам составляет 22; 20; 17, 15 и 17,3 см.

Наименьшая длина впервые созревших самок желтоперой камбалы зал. Петра Великого и восточной части Берингова моря составляет 19,0 см; в зал. Терпения — 18,0 см; у западного побережья Камчатки — 17,5 см, в северной части Охотского моря — 18,0 см. Длина, при которой к воспроизводству готовы 50 % самок выше-названных районов, составляет соответственно 26; 29,5; 26,0; 27,5 и 29,5 см.

Согласно результатам наших исследований самки желтоперой камбалы Карагинского и Олюторского заливов впервые созревают на пятом году жизни при минимальной длине 20 см. Близкие размерные данные для самок этого района приводил и В.И. Полутов [1991а] — 19 см. Самцы начинают созревать в возрасте 3 лет при наименьшей длине тела 16,5 см (рис. 10, А).

Процесс созревания у самцов менее растянут, чем у самок. Так, у первых к 10-му году жизни при длине 32 см становятся половозрелыми все особи, тогда как у вторых даже среди рыб длиной свыше 38 см встречаются незрелые. Полностью созревание самок завершается к 13 годам.

Длина и возраст 50 %-ного созревания самцов и самок желтоперой камбалы были определены по теоретическим кривым (рис. 11, А). Выяснено, что половина самцов достигает половой зрелости в возрасте 4,6 года при длине 21,4 см; у самок эти показатели составляют 7,7 года и 28,5 см. Отметим также, что самцов рождается больше, чем самок. К тому моменту, когда созревает около 50 % самок, соотношение полов выравнивается. Среди старшевозрастных рыб преобладают самки.

Здесь намеренно не обсуждаются литературные данные по возрасту первого и 50 %-ного созревания желтоперой камбалы, поскольку во всех перечисленных выше работах его оценивали по чешуе. Исключение составляют работы Р.Р. Юсупова [2025] и Р.Р. Юсупов, Ю.К. Семенов [2023а], согласно которым половина самцов и самок в северной части Охотского моря становятся половозрелыми в возрасте соответственно 4,7 и 7,9 года.

Северная двухлинейная камбала. Так же как и при изучении особенностей линейного роста, для данного вида ранее был выполнен сравнительный анализ особенностей созревания для нескольких группировок, воспроизводящихся в российских водах Северной Пацифики [Дубинина, Золотов, 2013].

Самцы двухлинейной камбалы Карагинского и Олюторского заливов впервые начинают созревать при длине 17 см на четвертом году жизни, в среднем 50 % особей созревают в возрасте 5,13 года при длине 27,3 см, а на восьмом году жизни около 90 % всех рыб половозрелы (см. рис. 10, Б, 11, Б). Для самок эти показатели составляют соответственно 23 см, 31,4 см, 6,6 года и 11 лет.

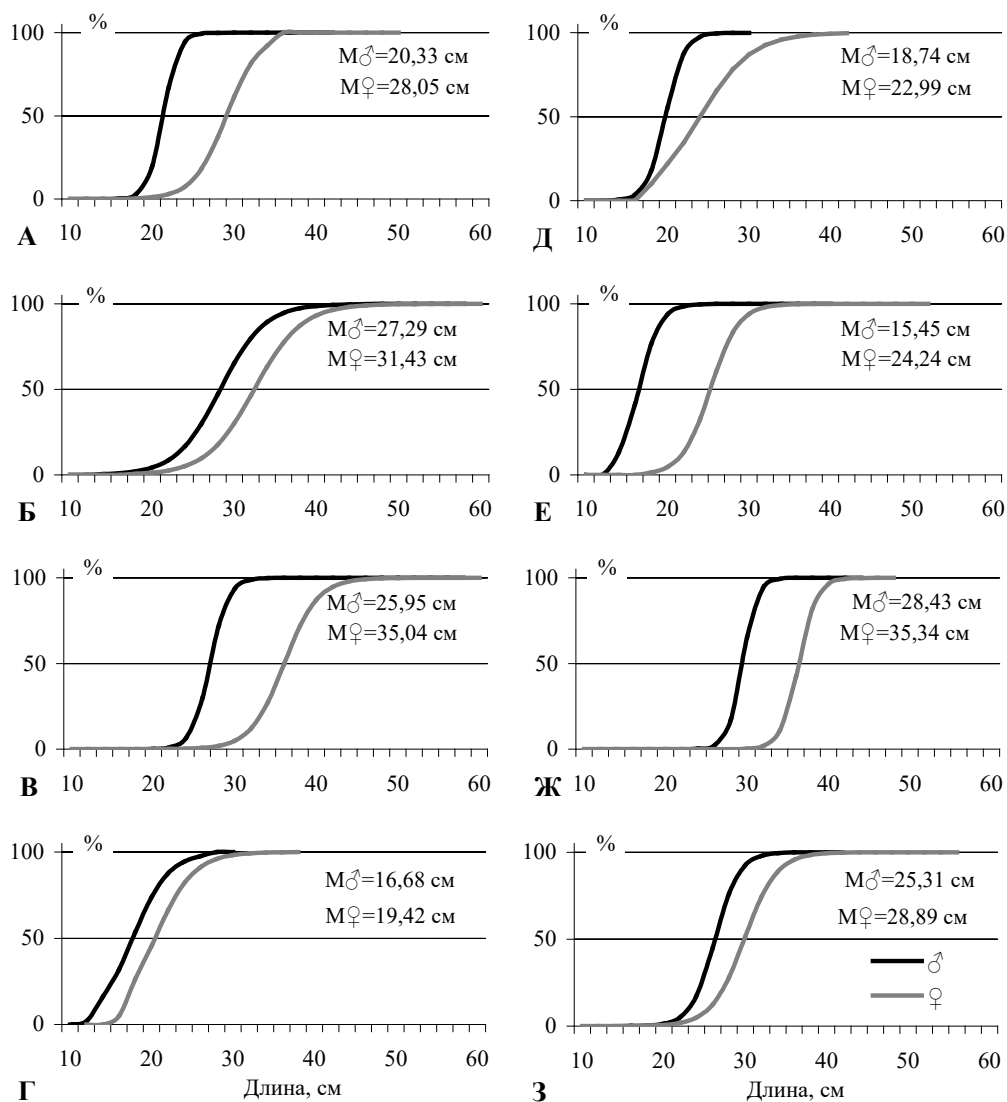


Рис. 10. Огивы полового созревания камбал Карагинского и Олюторского заливов в зависимости от длины рыб: А — желтоперая, Б — двухлинейная, В — четырехбугорчатая, Г — сахалинская, Д — хоботная, Е — северная палтусовидная, Ж — узкозубая палтусовидная, З — звездчатая. Указана длина созревания 50 % особей

Fig. 10. Length of 50 % maturation for flatfish species in the Karaginsky and Olyutorsky Bays: А — yellowfin sole, Б — rock sole, В — alaska plaice, Г — sakhalin sole, Д — longhead dab, Е — bering flounder, Ж — flathead sole, З — starry flounder

Известно, что самцы двухлинейной камбалы тихоокеанского шельфа Камчатки и северных Курильских островов начинают созревать при длине 20–22 см, самки — 23–24 см. При размерах тела соответственно 24–26 и 31–33 см около половины особей становятся половозрелыми, а после достижения самцами длины свыше 34 см, а самками 38 см более 90 % из них участвуют в воспроизводстве [Полутов, 1975; Дубинина, Золотов, 2013].

Как можно заметить, массовое наступление половой зрелости двухлинейной камбалы тихоокеанского шельфа Камчатки происходит при наименьшей длине. Так, длина 50 %-ной зрелости самцов на тихоокеанском шельфе Камчатки составила 23,8 см, в Карагинском и Олюторском заливах — 27,7 и 27,2 см; у самок соответствующие величины были равны 30,5 и 31,4 см.

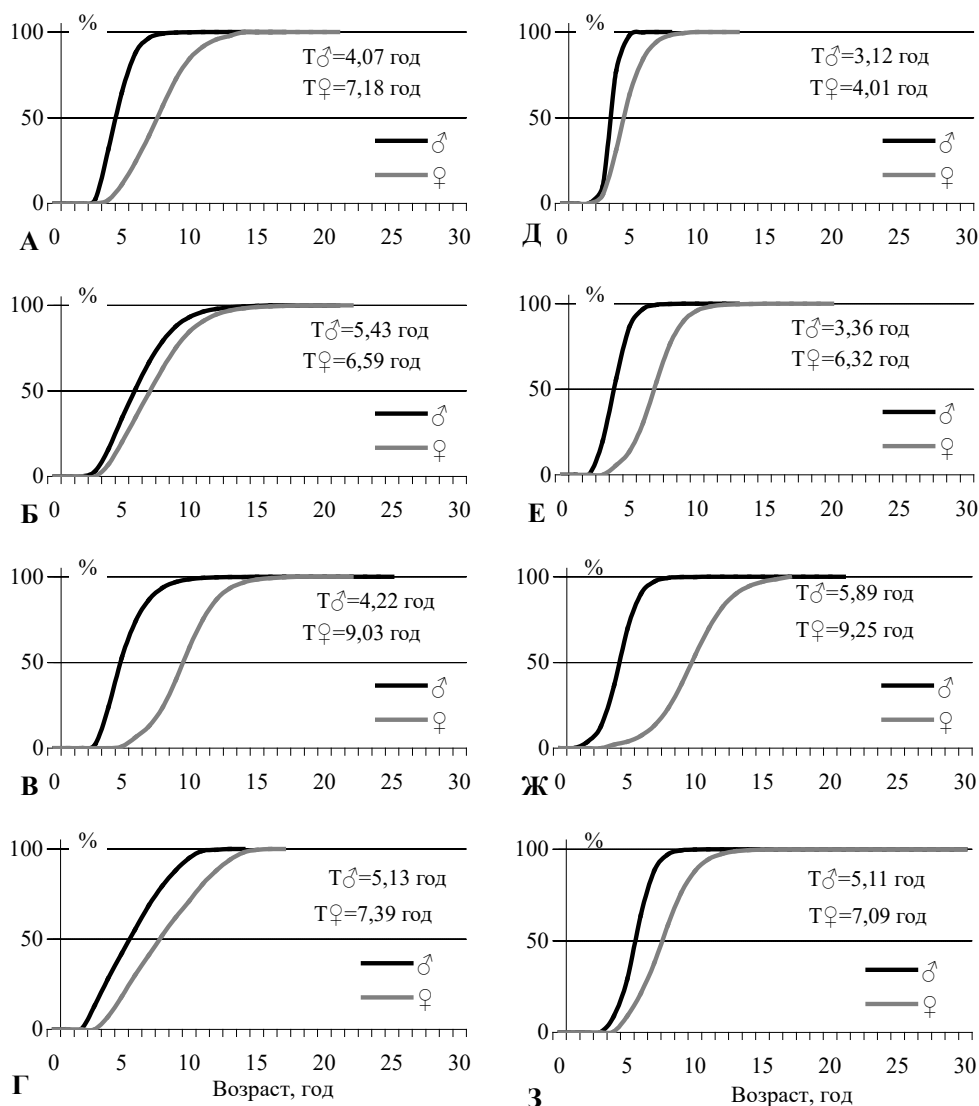


Рис. 11. Огивы полового созревания камбал Карагинского и Олюторского заливов в зависимости от возраста рыб: **А** — желтоперая, **Б** — двухлинейная, **В** — четырехбугорчатая, **Г** — сахалинская, **Д** — хоботная, **Е** — северная палтусовидная, **Ж** — узкозубая палтусовидная, **З** — звездчатая. Указан возраст созревания 50 % особей

Fig. 11. Age of 50 % maturation for flatfish species in the Karaginsky and Olyutorsky Bays: **А** — yellowfin sole, **Б** — rock sole, **В** — alaska plaice, **Г** — sakhalin sole, **Д** — longhead dab, **Е** — bering flounder, **Ж** — flathead sole, **З** — starry flounder

Однако возрастные особенности созревания северной двухлинейной камбалы этих районов оказались сходными. Исходя из этого было сделано заключение, что различия в длине полового созревания двухлинейной камбалы на этих двух участках прикамчатского шельфа при сходных возрастных особенностях обусловлены разным темпом линейного роста. Особи, обитающие в Карагинском и Олюторском заливах, как было показано выше, обладают большей скоростью роста, чем и объясняются большие значения длины 50 %-ной зрелости.

Четырёхбугорчатая камбала. Самцы четырехбугорчатой камбалы северо-восточного шельфа Камчатки впервые начинают созревать на третьем году жизни при наименьшей длине 19 см, самки — на пятом году при длине 21 см. Средний возраст созревания 50 % самцов 4,2 года при длине 26 см, самок — 9,0 года, при длине

35 см (см. рис. 10, В, 11, В). Таким образом, половое созревание самок значительно замедлено. В среднем 90 % из них созревают лишь к 13-му году жизни, а полностью половозрелым поколение становится лишь к 18 годам.

Заметим, что в восточной части Берингова моря 50 % самок созревают при меньших размерах — 30,8 см, что соответствует 7–8-му году жизни [Zhang et al., 1988], а на западно-камчатском и североохотоморском шельфе, наоборот, — несколько позднее и при большей длине — 36,2 и 9,6 года [Четвергов, 2002] и 36,5 см и 9,7 года [Юсупов, Семенов, 2023а].

Как и у других видов, рассмотренных ранее, у четырехбугорчатой камбалы Карагинского и Олюторского заливов соотношение полов в младших возрастах незначительно сдвинуто в сторону самцов. К 6–8-му году жизни, по достижении рыбами длины 30 см, оно выравнивается, а в старших возрастах доминируют самки.

Звездчатая камбала. Самцы звездчатой камбалы морской группировки из Карагинского и Олюторского заливов впервые созревают на четвертом, а самки на пятом году жизни при длине тела 22 и 25 см. К девятому году жизни около 90 % всех самцов, а к двенадцатому — всех самок становятся половозрелыми. Длина и возраст созревания 50 % особей составляют соответственно 25,3 см и 5,1 года и 28,9 см и 7,1 года (см. рис. 10–11, 3).

Таким образом, созревание звездчатой камбалы, обитающей на северо-восточном шельфе Камчатки, происходит раньше и при меньших размерах, чем на западнокамчатском. По данным А.В. Четвергова [2002] самцы этого вида начинают созревать при длине 24,5 см, самки — 29,5 см, а массовое созревание наблюдается в возрасте 5,6 и 8,0 года при длине 26,5 и 33,9 см. На североохотоморском шельфе особи *P. stellatus* начинают созревать в 3-летнем возрасте при длине самцов 20,9 см, самок — 20,5 см. А массовое половое созревание в этом районе происходит при длине тела соответственно 27,1 см в возрасте 4,6 года и 32,8 см и 5,8 года [Юсупов, Семенов, 2023а].

Среди младшевозрастных особей звездчатой камбалы, обитающей на шельфе северо-востока Камчатки, длиной до 25 см преобладают самцы в приближенном отношении 2 : 1. Соотношение полов выравнивается у размерных групп 34–36 см, а среди рыб длиной свыше 40 см самцы практически не встречаются.

К сожалению, небольшой объем выборки не позволил оценить скорость созревания особей прибрежной группировки звездчатой камбалы Карагинского залива.

Хоботная камбала. По данным А.В. Четвергова [2002] на западнокамчатском шельфе самцы хоботной камбалы начинают созревать при достижении длины 18 см, самки — 19 см. Размеры и возраст массового созревания составляют для первых 19,7 см и 3,6 года, для вторых — 26,8 см и 6,9 года.

Согласно результатам наших исследований (рис. 10–11, Д) самцы хоботной камбалы северо-восточного шельфа Камчатки впервые начинают созревать на третьем году жизни при наименьшей длине 16 см, самки — на четвертом году, при длине 18 см. 50 % самцов достигают половой зрелости в возрасте 3,4 года, при длине 18,7 см, 50 % самок — в возрасте 6,3 года, при длине 23,0 см. Таким образом, скорость созревания сопоставима со скоростью особей этого вида, обитающих на шельфе западной Камчатки. Но этот процесс у хоботной камбалы протекает заметно быстрее по сравнению с другими промысловыми видами камбал Карагинского и Олюторского заливов. К 8-му году жизни самцов и к десятому самок все особи хоботной камбалы становятся половозрелыми.

Сахалинская камбала. Самцы сахалинской камбалы Карагинского и Олюторского заливов впервые созревают на третьем году жизни при наименьшей длине тела 12,5 см. Средний возраст созревания 50 % самцов составляет 5,13 года при длине 16,7 см, а к 11 годам все особи становятся половозрелыми (рис. 10–11, Г).

У самок первые половозрелые особи отмечаются при длине 16 см на четвертом году жизни при средней длине 19,4 см в возрасте 7,4 года, 50 % из них становятся половозрелыми. Завершается созревание самок к 14 годам.

В размерных группах 10–14 см преобладают самцы в соотношении 3 : 2. В классах 16–20 см соотношение полов близко к 1 : 1. У старших рыб преобладают самки. Среди особей длиной более 28 см самцов не отмечено.

Для сравнения, на шельфе северной части Охотского моря самцы также начинают созревать при длине 12,5 см в возрасте 3 лет, а 50 % их становятся половозрелыми на 4-м году при длине 15,2 см [Юсупов, Семенов, 2023а]. Для самок данные величины оценивались на уровне 16,0 см, 5 лет, 6 лет и 19,9 см. Возраст, при котором все особи становятся половозрелыми, оценивался на уровне 14 и 16 лет, что, видимо, свидетельствует о том, что в Карагинском и Олюторском заливах процессы созревания сахалинской лиманды происходят несколько быстрее.

Палтусовидные камбалы. Особи северной палтусовидной камбалы становятся половозрелыми раньше узкозубой. При этом самцы впервые начинают созревать на 3-м году жизни, а длина и возраст, при которых 50 % из них готовы к первому нересту, составляют 15,5 см и 3,4 года. К 8 годам все самцы этого вида вступают в репродуктивную часть запаса. Массовое созревание самок происходит несколько позже — к 7–9 годам, а к 11 годам неполовозрелые особи встречаются единично. Средняя длина и возраст 50 %-ного созревания составляет 24,4 см и 6,3 года (рис. 10–11, Е, Ж).

На североохотоморском шельфе самцы и самки *H. robustus* начинают созревать на 3-м году жизни при длине 13–14 см [Юсупов, Семенов, 2023а]. Половина особей становится половозрелой при длине 20,1 и 22,0 см и возрасте 4,3 и 6,3 года, а соответственно к 11 и 16 годам все рыбы принимают участие в размножении. Вероятно, в северной части Охотского моря процессы созревания у северной палтусовидной камбалы более растянуты.

Период массового наступления половозрелости самцов *H. elassodon* приходится на возраст 5–9 лет, а самок — с 7 до 11 лет. При этом неполовозрелые самцы встречаются даже среди 11-летних рыб, а неполовозрелые самки — среди 13–14-летних. Длина, при которой 50 % самцов и самок узкозубой палтусовидной камбалы Карагинского и Олюторского заливов становятся половозрелыми, составляет соответственно 28,4 и 35,3 см.

Сведений о плодовитости палтусовидных камбал в целом опубликовано немного, а литературных данных о плодовитости самок *H. robustus* нам обнаружить не удалось. Согласно результатам наших исследований индивидуальная абсолютная плодовитость (ИАП) самок северной палтусовидной камбалы из Карагинского и Олюторского заливов длиной 24,5–40,0 см изменяется от 41 до 411 тыс. икринок, в среднем составляя 196,7 тыс. икринок.

Максимальное значение ИАП было отмечено у самки длиной 37 см в возрасте 15 лет. Зависимость этого показателя от длины хорошо аппроксимируется степенным уравнением:

$$F = 0,0003 \cdot L^{3,7855} (R^2 = 0,90),$$

где F — абсолютная плодовитость; L — длина особи.

Плодовитость *H. robustus* Карагинского и Олюторского заливов несколько выше, чем одноразмерных особей *H. elassodon* [Полутов, 1991б], обитающих у юго-восточного побережья Камчатки (рис. 12).

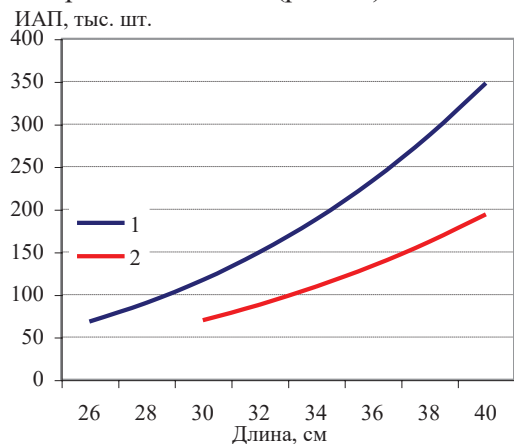


Рис. 12. Зависимость индивидуальной абсолютной плодовитости самок палтусовидных камбал от длины тела: 1 — северная палтусовидная камбала Карагинского и Олюторского заливов, собственные данные; 2 — узкозубая палтусовидная юго-восточного побережья Камчатки [Полутов, 1991б]

Fig. 12. Individual absolute fecundity for two flatfish species in dependence on body length: 1 — bering flounder in the Karaginsky and Olyutorsky Bays (author's data); 2 — flathead sole in the waters at southeastern Kamchatka ([Polutov, 1991])

Заключение

В ходе проведенных исследований проанализированы особенности размерно-возрастной структуры, линейного роста и созревания 8 основных промысловых видов камбал, обитающих на шельфе и верхней части материкового склона Карагинского и Олюторского заливов.

Рост камбал асимптотический, максимальные приросты отмечаются в первые 3–4 года жизни и составляют 4–6 см. У всех видов наблюдается половой диморфизм по скорости линейного роста. Раньше всех различия в длине тела проявляются у четырехбугорчатой камбалы, у которой одновозрастные самки становятся достоверно длиннее самцов уже к концу первого года жизни. Меньше всего этот эффект проявляется у хоботной камбалы, у которой различия становятся достоверными к 6 годам.

Наибольшая продолжительность жизни в Карагинском и Олюторском заливах отмечена для звездчатой камбалы — 38+ лет и северной двухлинейной — 31+ год, наименьшая — для хоботной, у которой возраст самых старших рыб не превышал 15+ лет.

Особи хоботной камбалы и сахалинской лиманды раньше других достигают длины тела, близкой к предельной. Возраст, при котором длина самцов и самок этих видов превышает 90 % от максимальной, составляет соответственно 7 и 10, 8 и 11 лет.

Показано, что особи желтоперой, северной двухлинейной и молодь звездчатой камбалы Карагинского и Олюторского заливов растут достоверно быстрее, чем особи тех же видов из смежных районов прикамчатского шельфа и западной части Берингова моря. Напротив, особи сахалинской и хоботной камбалы из северо-восточных заливов отличаются замедленным ростом по сравнению с камбалами западно- и восточнокамчатского шельфа.

Для звездчатой камбалы Карагинского залива на основе анализа скорости линейного роста показано существование двух экологических группировок. После 4–5-го года жизни в прибрежной зоне те особи, которые смещаются на большие глубины шельфа, отличаются и большей скоростью роста. Те самцы и самки, которые остаются в прибрежных распресненных зонах, растут достоверно медленнее.

Фактор плотности оказывает влияние на рост желтоперой и северной двухлинейной камбалы, у которых периоды увеличения численности совпадали с появлением поколений с пониженной скоростью роста. Кроме того, в районах с развитым промыслом отчетливо проявляется эффект омоложения состава уловов, проявляющийся в снижении доли крупноразмерных и старшевозрастных рыб.

Быстрее всех в Карагинском и Олюторском заливах созревают особи хоботной камбалы, у которых 50 % самок становятся половозрелыми на 4-м году жизни при длине 23,0 см. Медленнее всего процессы достижения половозрелости происходят у четырехбугорчатой и узкозубой палтусовидной камбал, у которых аналогичные показатели составляли соответственно 9,0 года и 35,0 см и 9,3 года и 35,3 см.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Автор выражает благодарность специалистам отраслевых научно-исследовательских институтов, принимавшим участие в сборе биологических материалов для исследований.

The author is grateful to colleagues from the fisheries research institutes who collected the biological materials used in the study.

Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The study was not sponsored.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены. Автор заявляет, что у него нет конфликта интересов.

All applicable international, national and/or institutional guidelines for care and use of animals were implemented. The author declares that he has no conflict of interest.

Список литературы

Алексеев Ф.Е., Алексеева Е.И. Определение стадий зрелости гонад и изучение половых циклов, плодовитости, продукции икры и темпа полового созревания у морских промысловых рыб : метод. пособ. — Калининград : АтлантНИРО, 1996. — 75 с.

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

Датский А.В., Андронов П.Ю. Ихтиоцен верхнего шельфа северо-западной части Берингова моря : моногр. — Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2007. — 261 с.

Дубинина А.Ю., Золотов А.О. Гистологические изменения в гонадах северной двухлинейной камбалы *Lepidopsetta polyxystra* в ходе ее жизненного цикла // Изв. ТИНРО. — 2017а. — Т. 191. — С. 34–57. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-191-34-57. EDN: ZUFHEX.

Дубинина А.Ю., Золотов А.О. Репродуктивный цикл и шкала стадий зрелости гонад северной двухлинейной камбалы *Lepidopsetta polyxystra* // Изв. ТИНРО. — 2017б. — Т. 191. — С. 58–78. DOI: 10.26428/1606-9919-2017-191-58-78. EDN: ZUFHFR.

Дубинина А.Ю., Золотов А.О. Плодовитость и созревание северной двухлинейной камбалы *Lepidopsetta polyxystra* Orr et Matarese (2000) тихоокеанских вод Камчатки // Изв. ТИНРО. — 2013. — Т. 172. — С. 119–132. EDN: QCKRWH.

Дьяков Ю.П. Воспроизводство камбалообразных рыб (Pleuronectiformes) северной части Тихого океана : моногр. — Петропавловск-Камчатский : Камчатский филиал ФГБНУ ВНИРО, 2025. — 496 с.

Дьяков Ю.П. Западнокамчатские камбалы (распределение, биология и динамика популяций) // Изв. ТИНРО. — 2002а. — Т. 130. — С. 954–1000. EDN: HSLAEJ.

Дьяков Ю.П. Индивидуальная продукция массовых видов западнокамчатских камбал сем. Pleuronectidae // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2002б. — Вып. 6. — С. 101–115. EDN: UYWUAI.

Дьяков Ю.П. Камбалообразные (Pleuronectiformes) дальневосточных морей России : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Владивосток, 2009. — 48 с.

Дьяков Ю.П. Камбалообразные (Pleuronectiformes) дальневосточных морей России (пространственная организация фауны, сезоны и продолжительность нереста, популяционная структура вида, динамика популяций) : моногр. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2011. — 433 с.

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

Золотов А.О. Использование оценок возрастного состава желтоперой камбалы (*Limanda aspera*) западной части Берингова моря по чешуе и отолидам в виртуально-популяционном анализе // Изв. ТИНРО. — 2006а. — Т. 147. — С. 36–46. EDN: JJYVZV.

Золотов А.О. Сравнение оценок возраста желтоперой (*Limanda aspera* Pallas) и северной двухлинейной (*Lepidopsetta polyxystra* Orr et Matarese) камбал западной части Берингова моря и восточного побережья Камчатки по чешуе и отолидам // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2006б. — Вып. 8. — С. 198–206. EDN: KNPJAH.

Золотов А.О. Камбалы западной части Берингова моря: динамика численности и особенности биологии : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 2010. — 20 с.

Золотов А.О. О возможности дифференциации палтусовидных камбал северо-западной части Берингова моря на основе морфологических различий // Изв. ТИНРО. — 2004. — Т. 139. — С. 180–188. EDN: HPMOLF.

Золотов А.О. О популяционной структуре палтусовидных камбал тихоокеанских вод Камчатки и западной части Берингова моря // Изв. ТИНРО. — 2007а. — Т. 148. — С. 113–129. EDN: IBZMZN.

Золотов А.О. О предельном возрасте камбал (Pleuronectidae) Охотского и Берингова морей и тихоокеанского побережья Камчатки // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей : мат-лы 8-й междунар. науч. конф., посвящ. 275-летию с начала Второй Камчатской экспедиции (1732–1733 гг.). — Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2007б. — С. 251–253. EDN: BGEARA.

Золотов А.О. Особенности размерно-возрастной структуры, линейного роста и полового созревания желтоперой камбалы *Limanda aspera* юго-западной части Берингова моря // Изв. ТИНРО. — 2008а. — Т. 152. — С. 99–113. EDN: JVUIBP.

Золотов А.О. Особенности линейного роста звездчатой камбалы *Platichthys stellatus* Pallas Карагинского залива Берингова моря // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей : мат-лы 9-й междунар. конф., посвящ. 100-летию с начала Камчатской экспедиции Императорского Русского географического общества, снаряженной на средства Ф.П. Рябушинского. — Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2008б. — С. 217–220. EDN: XOZIRF.

Золотов А.О. Распределение и сезонные миграции камбал Карагинского и Олюторского заливов // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2011. — Вып. 21. — С. 73–100. EDN: ONQQUF.

Золотов А.О., Буслов А.В. Обзор современного промысла камбал (Pleuronectidae) прикамчатских вод и некоторые аспекты их лова снюрреводами // Вопр. рыб.-ва. — 2005. — Т. 6, № 3(23). — С. 499–517. EDN: KGXANH.

Золотов А.О., Буслов А.В. Опыт использования результатов снюрреводных исследований для оценки запасов желтоперой камбалы залива Терпения // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2025. — Вып. 77. — С. 41–60. DOI: 10.15853/2072-8212.2025.77.41-60. EDN: APEENC.

Золотов А.О., Глубоков А.И., Варкентин А.И. Разработка подходов к регулированию промысла камбал Западно-Беринговоморской зоны // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2023. — Вып. 68. — С. 70–89. DOI: 10.15853/2072-8212.2023.68.70-89. EDN: TXDTPR.

Золотов А.О., Дубинина А.Ю. Линейный рост северной двухлинейной камбалы *Lepodopsetta polyxustra* Ogt et Matarese (2000) в прикамчатских водах // Изв. ТИНРО. — 2012а. — Т. 171. — С. 97–120. EDN: ZQCPRM.

Золотов А.О., Дубинина А.Ю. О сезонности формирования опаковой зоны на отолитах северной двухлинейной камбалы *Lepidopsetta polyxustra* тихоокеанского шельфа Камчатки и северных Курил // Вопр. ихтиол. — 2012б. — Т. 52, № 6. — С. 731–733. EDN: PEUHMV.

Золотов А.О., Дубинина А.Ю. Многолетняя динамика запасов и современный промысел камбал Южных Курильских островов // Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление : сб. мат-лов Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию Камчат. науч.-исслед. ин-та рыб. хоз-ва и океаногр. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2017. — С. 62–73. EDN: JUCYER.

Золотов А.О., Дубинина А.Ю. Современное состояние запасов камбал тихоокеанского шельфа Камчатки и Северных Курил и проблемы регулирования их промысла // Тр. СахНИРО. — 2013. — Т. 14. — С. 17–35. EDN: KWEDFA.

Золотов А.О., Захаров Д.В. Камбалы тихоокеанского побережья Камчатки: запасы и промысел // Рыб. хоз-во. — 2008. — № 3. — С. 44–47. EDN: JXJXNR.

Золотов А.О., Терентьев Д.А., Новикова О.В., Ильин О.И. Многолетняя динамика биомассы донных рыб на шельфе западной Камчатки // Изв. ТИНРО. — 2013. — Т. 173. — С. 30–45. EDN: RMTXAN.

Иванкова З.Г. Биология и состояние запасов камбал залива Петра Великого. 1. Желтоперая и малоротая камбалы // Изв. ТИНРО. — 2000. — Т. 127. — С. 188–202. EDN: IBWPIF.

Колпаков Н.В. О биологии звездчатой камбалы *Platichthys stellatus* (Pleuronectidae) прибрежных вод северного Приморья // Вопр. ихтиол. — 2005. — Т. 45, № 5. — С. 625–637. EDN: HSCEDP.

Кузнецов В.В., Кузнецова Е.Н. Об изменениях в сообществе рыб Охотского моря на шельфе западной Камчатки // Тр. ВНИРО. — 2002. — Т. 141. — С. 58–65. EDN: TNGICL.

Кузнецова Е.Н., Кунин А.М. Новые данные о биологии северной двухлинейной камбалы *Lepidopsetta polyxustra* в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки // Вопр. ихтиол. — 2002. — Т. 42, № 3. — С. 336–340. EDN: DQQGRZ.

Лакин Г.Ф. Биометрия : учеб. пособие. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Высш. шк., 1990. — 352 с.

- Мина М.В., Клевезаль Г.А.** Рост животных: анализ на уровне организма : моногр. — М. : Наука, 1976. — 291 с.
- Минева Т.А.** Биологическая характеристика и основы рационального использования запасов камбал в заливе Петра Великого : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 1971. — 24 с.
- Моисеев П.А.** Треска и камбалы дальневосточных морей : Изв. ТИНРО. — 1953. — Т. 40. — 288 с.
- Науменко Н.И., Антонов Н.П., Куприянов С.В.** Состояние запасов и промысел желтоперой камбалы северо-востока Камчатки // Вопр. рыб-ва. — 2003. — Т. 4, № 2(14). — С. 315–326.
- Овчеренко Р.Т.** Промысловые дальневосточные камбалы (Pleuronectidae) тихоокеанских вод Камчатки: биология и запасы : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 2024. — 24 с.
- Орехов А.Д., Полутов И.А.** Развитие рыбопромышленности в Олюторском районе // Соц. реконструк. рыб. хоз-ва Дальнего Востока. — 1931. — № 8–10. — С. 81–84.
- Петрова-Тычкова М.А.** К биологии желтоперой камбалы из Олюторского залива // Изв. ТИНРО. — 1954. — Т. 41. — С. 341–343.
- Петрова-Тычкова М.А.** Некоторые данные по биологии желтоперой камбалы из бух. Нагаево // Изв. ТИНРО. — 1952. — Т. 37. — С. 254.
- Полутов В.И.** О размножении желтоперой лиманды у северо-восточного побережья Камчатки // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа. — Петропавловск-Камчатский : КоТИНРО, 1991а. — Вып. 1, ч. 2. — С. 3–8.
- Полутов В.И.** Темп полового созревания и плодовитость палтусовидной камбалы у восточного побережья Камчатки // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа. — Петропавловск-Камчатский : КоТИНРО, 1991б. — Вып. 1, ч. 2. — С. 16–22.
- Полутов В.И.** О темпе созревания и соотношении полов двухлинейной камбалы Кроноцкого залива // Исслед. по биол. рыб и пром. океанографии. — Владивосток : ТИНРО, 1975. — Вып. 6. — С. 76–81.
- Полутов И.А.** Запасы камбаловых и донных рыб в водах Камчатки и развитие активного рыболовства // Изв. ТИНРО. — 1967. — Т. 57. — С. 98–121.
- Полутов И.А.** Состояние запасов и промысел желтоперой камбалы у западного побережья Камчатки // Техн.-эконом. биол. Камч. Совнархоза. — 1958. — № 2–3. — С. 8–12.
- Пометеев Е.В.** О возрасте и росте звездчатой камбалы *Platichthys stellatus* (Pleuronectidae, Pleuronectiformes) северо-восточного Сахалина // Тр. СахНИРО. — 2002. — Т. 4. — С. 163–172. EDN: OMPJWF.
- Пометеев Е.В.** Распределение звездчатой камбалы (*Platichthys stellatus*) на шельфе северо-восточного побережья о. Сахалин // Тр. СахНИРО. — 2004. — Т. 6. — С. 76–86. EDN: EOJMQ.
- Правдин И.Ф.** Руководство по изучению рыб. — М. : Пищ. пром-сть, 1966. — 376 с.
- Сакун О.Ф., Буцкая Н.А.** Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб. — М. : Главрыбвод, 1963. — 36 с.
- Тарасюк С.Н.** Биология и динамика численности основных промысловых камбал Сахалина : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 1997. — 24 с.
- Тихонов В.И.** Весовой рост западнокамчатской желтоперой камбалы // Изв. ТИНРО. — 1975. — Т. 98. — С. 99–105.
- Тихонов В.И.** Краткопериодические изменения роста западнокамчатской желтоперой камбалы (*Limanda aspera* Pallas) // Изв. ТИНРО. — 1976. — Т. 100. — С. 53–57.
- Тихонов В.И.** Рост желтоперой камбалы западного побережья Камчатки // Изв. ТИНРО. — 1970. — Т. 73. — С. 127–140.
- Токранов А.М.** Размерно-возрастная структура звездчатой камбалы *Platichthys stellatus* в эстуарии реки Большая (Западная Камчатка) // Вопр. ихтиол. — 1993. — Т. 33, № 2. — С. 305–309.
- Токранов А.М., Заварина С.В.** Размерно-возрастная структура и соотношение полов желтобрюхой морской камбалы *Pleuronectes quadrituberculatus* на западнокамчатском шельфе // Вопр. ихтиол. — 1992. — Т. 32, № 3. — С. 27–35.
- Фадеев Н.С.** Биология и промысел тихоокеанских камбал : моногр. — Владивосток : Дальиздат, 1971. — 100 с.
- Фадеев Н.С.** Камбалы юго-восточной части Берингова моря. Промыслово-биологический очерк. — Южно-Сахалинск : Дальневост. кн. изд-во, 1968. — 47 с.
- Фадеев Н.С.** Промыслово-биологическая и морфологическая характеристика желтоперой камбалы Сахалина : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 1962. — 22 с.

- Фадеев Н.С.** Промыслово-биологическая характеристика желтоперой камбалы южного Сахалина // Изв. ТИНРО. — 1963. — Т. 49. — С. 3–64.
- Фадеев Н.С.** Северотихоокеанские камбалы (распространение и биология) : моногр. — М. : Агропромиздат, 1987. — 175 с.
- Фадеев Н.С.** Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого океана. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2005. — 366 с.
- Четвергов А.В.** Половое созревание западнокамчатских камбал // Изв. ТИНРО. — 2002. — Т. 130. — С. 940–953. EDN: HSLADZ.
- Чугунова Н.И.** Руководство по изучению возраста и роста рыб (методическое пособие по ихтиологии). — М. : АН СССР, 1959. — 164 с.
- Шунтов В.П.** Биологические ресурсы Охотского моря : моногр. — М. : Агропромиздат, 1985. — 224 с.
- Юсупов Р.Р.** Камбалы и палтусы (Pleuronectidae) северной части Охотского моря (популяционная биология и развитие) : моногр. — М. : Тов-во науч. изд. КМК, 2025. — 224 с.
- Юсупов Р.Р., Каика А.И.** Промыслово-биологическая характеристика североохотоморских камбал в условиях увеличившейся нагрузки // Состояние рыбохозяйственных исследований в бассейне северной части Охотского моря : сб. науч. тр. — Магадан : МагаданНИРО, 2009. — Вып. 3. — С. 396–406.
- Юсупов Р.Р., Метелев Е.А., Сергеев А.С., Данилов В.С.** Первые данные о размерно-возрастной и половой структуре сахалинской камбалы *Limanda sakhalinensis* (Pleuronectidae) северной части Охотского моря // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2020. — Вып. 57. — С. 117–124. DOI: 10.15853/2072-8212.2020.57.117-124. EDN: DQLLGQ.
- Юсупов Р.Р., Семенов Ю.К.** Половое созревание камбаловых рыб в северной части Охотского моря в 1997–2019 гг. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2023а. — Вып. 68. — С. 90–111. DOI: 10.15853/2072-8212.2023.68.90-111. EDN: WEHOHR.
- Юсупов Р.Р., Семенов Ю.К.** Размерно-возрастная и половозрастная структура камбаловых рыб в северной части Охотского моря в 1997–2019 гг. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. — 2023б. — Вып. 69. — С. 27–54. DOI: 10.15853/2072-8212.2023.69.27-54. EDN: DCYIQC.
- Beckman D.W., Wilson C.A.** Seasonal timing of opaque zone formation in fish otoliths // Recent developments in fish otolith research. — Columbia: University of South Carolina Press, 1995. — P. 27–44.
- Chilton D.E., Beamish R.J.** Age determination methods for fishes studied by the groundfish program at the Pacific Biological Station : Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. — 1982. — Vol. 60. — 102 p.
- Kitano Y.** The Age and Growth on the Yellowfin sole (*Limanda aspera*) in Hecate Strait, British Columbia : Technical Report № 109. — Canada : Fisheries research board of Canada, 1969. — 36 p.
- Munk K.M.** Maximum ages of groundfishes in waters off Alaska and British Columbia and consideration of age determination // Alaska Fish. Res. Bull. — 2001. — Vol. 8, № 1. — P. 12–21.
- Nichol D.G.** Annual and between-sex variability of yellowfin sole, *Pleuronectes asper*, spring-summer distributions in the Bering Sea // Fish. Bull. — 1998. — Vol. 96(3). — P. 547–561.
- Nichol D.G.** Effects of geography and bathymetry on growth and maturity of yellowfin sole, *Pleuronectes asper*, in the Bering Sea // Fish. Bull. — 1997. — Vol. 95(3). — P. 494–503.
- Weber D.D., Shippen H.H.** Age-length-weight and distribution of Alaska plaice, rock sole, and yellowfin sole collected from southeastern Bering Sea in 1961 // Fish. Bull. — 1975. — Vol. 74(3). — P. 919–925.

References

- Alekseev, F.E. and Alekseeva, E.I.,** *Assessment of gonades maturity stages and study of sex cycles, fecundity, eggs, production and maturation rate of marine commercial fishes*, Kaliningrad: AtlantNIRO, 1996.
- 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.
- Datsky, A.V. and Andronov, P.Yu.,** *Ikhtiotsen verkhnego shel'fa severo-zapadnoi chasti Beringova morya* (The Ichthyocene on the Upper Shelf of the Northwestern Bering Sea), Magadan: Sev.-Vost. Nauchn. Tsentr, Dal'nevost. Otd., Ross. Akad. Nauk, 2007.

Dubinina, A.Yu. and Zolotov, A.O., Histological changes in gonads of rock sole *Lepidopsetta polyxystra* during its life cycle, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2017, vol. 191, pp. 34–57. doi 10.26428/1606-9919-2017-191-34-57. EDN: ZUFHEX

Dubinina, A.Yu. and Zolotov, A.O., Reproductive cycle and the scale of gonad maturity for rock sole *Lepidopsetta polyxystra*, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2017, vol. 191, pp. 58–78. doi 10.26428/1606-9919-2017-191-58-78. EDN: ZUFHFR

Dubinina, A.Yu. and Zolotov, A.O., Fecundity and maturation of northern rock sole *Lepidopsetta polyxystra* Orr et Matarese (2000) on the Pacific shelf of Kamchatka, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2013, vol. 172, pp. 119–132. EDN: QCKRWH

Dyakov, Yu.P., *Vosproizvodstvo kambaloobraznykh ryb (Pleuronectiformes) severnoy chasti Tikhogo okeana* (Reproduction of flatfishes (Pleuronectiformes) of the northern part of the Pacific Ocean), Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatskiy filial FGBNU VNIRO, 2025.

Dyakov, Yu.P., West Kamchatka flounders (distribution, biology and population dynamics), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2002, vol. 130, pp. 954–1000. EDN: HSLAEJ

Dyakov, Yu.P., Individual production of the Western Kamchatka mass species of Pleuronectidae family, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2002, vol. 6, pp. 100–115. EDN: UYWUAI

Dyakov, Yu.P., Flatfish (Pleuronectiformes) of the Far Eastern Seas of Russia, *Extended Abstract of Doctoral (Biol.) Dissertation*, Vladivostok, 2009.

Dyakov, Yu.P., *Kambaloobraznye (Pleuronectiformes) dal'nevostochnykh morei Rossii* (Flatfish (Pleuronectiformes) of the Far Eastern Seas of Russia), Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2011.

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., Using the estimations of yellowfin sole (*Limanda aspera*) age structure in the western Bering Sea by its scales and otoliths for virtual populations analysis, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2006, vol. 147, pp. 36–46. EDN: JJYVZV

Zolotov A.O., A comparison of age assessment from scales and otoliths for yellowfin sole (*Limanda aspera* Pallas) and northern rock sole (*Lepidopsetta polyxystra* Orr et Matarese) in the western bering sea and east Kamchatka, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2006, vol. 8, pp. 198–206. EDN: KNPJAH

Zolotov, A.O., Flounders of the western Bering Sea: Abundance dynamics and biological features, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Vladivostok, 2010.

Zolotov, A.O., On possibility to differentiate flat-headed flounders of the northwestern Bering Sea on the base of morphological differences, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2004, vol. 139, pp. 180–188. EDN: HPMOLF

Zolotov, A.O., On population structure of flathead flounders off the coast of East Kamchatka and in the western Bering Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2007, vol. 148, pp. 113–129. EDN: IBZMZN

Zolotov, A.O., On the limiting age of flounders (Pleuronectidae) of the Okhotsk and Bering seas and the Pacific coast of Kamchatka, in *Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters: Materials of VIII international scientific conference, is dedicated to the 275th anniversary of the start of the Second Kamchatka Expedition (1732–1733)*, Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress, 2007, pp. 251–253. EDN: BGEARA

Zolotov, A.O., Size-age structure, linear growth, and maturation of yellowfin sole *Limanda aspera* Pallas (1814) in the southwestern Bering Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2008, vol. 152, pp. 99–113. EDN: JVUIBP

Zolotov, A.O., Linear growth peculiarities of the starry flounder *Platichthys stellatus* Pallas from the Karaginsky Bay of Bering Sea, in *Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters: Materials of IX international scientific conference, dedicated to the 100th anniversary of the start of the Kamchatka Expedition that was financed by F.P. Ryabushinskii.* — Petropavlovsk-Kamchatsky: Publishing house Kamchatpress, 2008, pp. 217–220. EDN: XOZIRF

Zolotov, A.O., Distribution and seasonal migrations of flounders in Karaginsky and Olutorsky gulfs, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2011, no. 21, pp. 73–100. EDN: ONQQUF

Zolotov, A.O. and Buslov, A.V., A review of modern fishery of flounders (Pleuronectidae) in the waters adjacent Kamchatka and some aspects of flunder fishing with danish seines, *Vopr. Rybolov.*, 2005, vol. 6, no. 3(23), pp. 499–517. EDN: KGXANH

Zolotov, A.O. and Buslov, A.V., Experience of using danish seine survey results to assess yellowfin sole stock abundance in Terpeniya Bay, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2025, vol. 77, pp. 41–60. doi 10.15853/2072-8212.2025.77.41-60. EDN: APEENC

Zolotov, A.O., Glubokov, A.I., and Varkentin, A.I., Development of approaches to regulation of flatfish fishery in the West Bering Sea zone, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2023, vol. 68, pp. 70–89. doi 10.15853/2072-8212.2023.68.70-89. EDN: TXDTPR

Zolotov, A.O. and Dubinina, A.Yu., Linear growth of the rock sole *Lepidopsetta polyxystra* Orr et Matarese (2000) in the Kamchatka waters, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2012, vol. 171, pp. 97–120. EDN: ZQCPRM

Zolotov, A.O. and Dubinina, A.Yu., On the seasonal pattern of formation of opaque zone on otoliths of the northern rock sole *Lepidopsetta polyxystra* of the Pacific shelf of Kamchatka and the Northern Kurils, *Vopr. Ikhtiol.*, 2012, vol. 52, no. 9, pp. 668–670. doi 10.1134/S0032945212060112. EDN: RGIWOR

Zolotov, A.O. and Dubinina, A.Yu., Long-term stock dynamics and current fishery of flatfishes of the southern Kurile Islands, in *Sb. mater. Vseross. nauchn. konf. mezhdunar. uchastiem, posvyashch. 85-letiyu Kamchatskogo nauchno-issled. inst. rybn. khoz. okeanogr. "Vodnye biologicheskie resursy Rossii: sostoyanie, monitoring, upravlenie"* (Proc. All-Russ. Sci. Conf. Int. Participation, Commem. 85th Anniv. Kamchatka Res. Inst. Fish. Oceanogr. "Aquatic Biological Resources of Russia: State, Monitoring, and Management"), Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2017, pp. 62–73. EDN: JUCYER

Zolotov, A.O. and Dubinina, A.Yu., Current status of stocks of flounders on the Pacific shelf of Kamchatka and the northern Kuril Islands and problems of regulation of their harvesting, *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2013, vol. 14, pp. 17–35. EDN: KWEDFA

Zolotov, A.O. and Zakharov, D.V., Soles of pacific coast of Kamchatka: stocks and fishery, *Rybn. Khoz.*, 2008, no. 3, pp. 44–47. EDN: JXJXNR

Zolotov, A.O., Terentiev, D.A., Novikova, O.V., and Il'in O.I., Long-term dynamics of demersal fish biomass on the shelf of West Kamchatka, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2013, vol. 173, pp. 30–45. EDN: RMTXAN

Ivankova, Z.G., Biology and stock condition of flounders in Peter the Great Bay. 1. Yellowfin sole and korean flounder, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2000, vol. 127, pp. 188–202. EDN: IBWPIF

Kolpakov, N.V., On the biology of the starry flounder *Platichthys stellatus* (Pleuronectidae) in nearshore waters of northern Primorye, *Vopr. Ikhtiol.*, 2005, vol. 45, no. 5, pp. 625–637. EDN: HSCEDP

Kuznetsov, V.V. and Kuznetsova, E.N., On changes in the Sea of Okhotsk fish community on the Western Kamchatka shelf, *Tr. Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2002, vol. 141, pp. 58–65. EDN: TNGICL

Kuznetsova, E.N. and Kunin, A.M., New data on the biology of the northern double-lined flounder *Lepidopsetta polyxystra* in the Pacific waters of North Kuril Islands and southeastern Kamchatka, *Vopr. Ikhtiol.*, 2002, vol. 42, no. 3, pp. 336–340. EDN: DQQGRZ

Lakin, G.F., *Biometriya* (Biometrics), Moscow: Vysshaya Shkola, 1990, 4th ed.

Mina, M.V. and Klevezal', G.A., *Rost zhivotnykh: analiz na urovne organizma* (Animal Growth: An Analysis on the Level of Organism), Moscow: Nauka, 1976.

Mineva, T.A., Biological characteristics and principles of rational use of flounder stocks in Peter the Great Bay, *Extended Abstract of Cand. (Biol.) Sci. Dissertation*, Vladivostok, 1971.

Moiseev, P.A., Cod and flounders of the Far Eastern seas, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1953, vol. 40.

Naumenko, N.I., Antonov, N.P., and Kupriyanov, S.V., Status of stocks and fishery of yellowfin flounder in northeastern Kamchatka, *Vopr. Rybolov.*, 2003, vol. 4, no. 2(14), pp. 315–326.

Ovcherenko, R.T., Commercial Far Eastern flounders (Pleuronectidae) of the Pacific waters of Kamchatka: biology and stocks, *Extended Abstract of Cand. (Biol.) Sci. Dissertation*, Moscow, 2024.

Orekhov, A.D. and Polutov, I.A., Development of the fishing industry in the Olyutorsky district, *Sots. rekonstruk. ryb. khoz-va Dal'nego Vostoka*, 1931, no. 8–10, pp. 81–84.

Petrova-Tychkova, M.A., On the biology of yellowfin flounder from Olyutorsky Bay, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1954, vol. 41, pp. 341–343.

Petrova-Tychkova, M.A., Some data on the biology of yellowfin flounder from the bay. Nagaevo, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1952, vol. 37, pp. 254.

Polutov, V.I., On the reproduction of the yellowfin estuary off the northeastern coast of Kamchatka, in *Issledovaniye biologii i dinamiki chislennosti promyslovykh ryb zapadnokamchatskogo shel'fa* (Research on the biology and dynamics of the number of commercial fish in the West Kamchatka shelf), Petropavlovsk-Kamchatsky: KoTINRO, 1991, Iss. 1, part 2, pp. 3–8.

Polutov, V.I., The rate of sexual maturation and fertility of the halibut flounder off the eastern coast of Kamchatka, in *Issledovaniye biologii i dinamiki chislennosti promyslovykh ryb zapadnokamchatskogo shel'fa* (Research on the biology and dynamics of the number of commercial fish in the West Kamchatka shelf), Petropavlovsk-Kamchatsky: KoTINRO, 1991, Iss. 1, part 2, pp. 16–22.

Polutov, V.I., The rate of sexual maturity and sex ratio of rock flounder in the Kronotsk Bay, *Issled. Biol. Ryb. Promysl. Okeanogr.*, Vladivostok: TINRO, 1975, no. 6, pp. 76–81.

Polutov, I.A., Stocks of flounder and bottom fish in the waters of Kamchatka and the development of active fishing, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1967, vol. 57, pp. 98–121.

Polutov, I.A., State of stocks and fishery of yellowfin flounder off the western coast of Kamchatka, *Tekhn.-ekonom. byul. Kamch. Sovnarkhoza*, 1958, no. 2–3, pp. 8–12.

Pometeev, E.V., About age and growth features of starry flounder *Platichthys stellatus* (Pleuronectidae, Pleuronectiformes) off the northeastern Sakhalin, *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2002, vol. 4, pp. 163–172. EDN: OMPJWF

Pometeev, E.V., Distribution of starry flounder (*Platichthys stellatus*) on the northeastern Sakhalin shelf, *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2004, vol. 6, pp. 76–86. EDN: EOJMQ

Pravdin, I.F., *Rukovodstvo po izucheniyu ryb* (Guide to the Study of Fish), Moscow: Pishchevaya Promyshlennost', 1966.

Sakun, O.F. and Butskaya, N.A., *Opredeleniye stadiy zrelosti i izucheniye polovykh tsiklov ryb* (Determination of stages of maturity and study of sexual cycles of fish), Moscow: Glavrybvod, 1963.

Tarasyuk, S.N., Biology and population dynamics of the main commercial flounders of Sakhalin, *Extended Abstract of Cand. (Biol.) Sci. Dissertation*, Vladivostok, 1997.

Tikhonov, V.I., The weight of the western part of Kamchatka yellowfin sole, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1975, vol. 98, pp. 99–105.

Tikhonov, V.I., Short period changes in the growth of the West Kamchatka yellowfin sole (*Limanda aspera* Pallas), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1976, vol. 100, pp. 53–57.

Tikhonov, V.I., Growth of yellowfin sole *Limanda aspera* (P.) in west Kamchatka coastal waters, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1970, vol. 73, pp. 127–140.

Tokranov, A.M., Length-age structure of the starry flounder, *Platichthys stellatus*, in the River Bol'shaya estuary (West Kamchatka), *Vopr. Ikhtiol.*, 1993, vol. 33, no. 2, pp. 305–309.

Tokranov, A.M. and Zavarina, S.V., Size-age structure and sex ratio in the Alasca plaice, *Pleuronectes quadrituberculatus*, on the West Kamchatka shelf, *Vopr. Ikhtiol.*, 1992, vol. 32, no. 3, pp. 27–35.

Fadeev, N.S., *Biologiya i promysel tikhookeanskikh kambal* (Biology and fishery of Pacific flounders), Vladivostok: Dal'izdat, 1971.

Fadeev, N.S., *Kambaly yugo-vostochnoy chasti Beringova morya. Promyslovo-biologicheskoy ocherk* (Flounders of the southeastern part of the Bering Sea. A field-biological sketch), Yuzhno-Sakhalinsk: Dal'nevost. kn. izd-vo, 1968.

Fadeev, N.S., Commercial, biological, and morphological characteristics of yellowfin flounder of Sakhalin, *Extended Abstract of Cand. (Biol.) Sci. Dissertation*, Vladivostok, 1962.

Fadeev, N.S., Commercial and biological characteristics of yellowfin flounder of southern Sakhalin, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1963, vol. 49, pp. 3–64.

Fadeev, N.S., *Severotikhookeanskije kambaly (rasprostraneniye i biologiya)* (North Pacific Flounders (Distribution and Biology)), Moscow: Agropromizdat, 1987.

Fadeev, N.S., *Spravochnik po biologii i promyslu ryb severnoi chasti Tikhogo okeana* (A Reference Book on Biology and Harvesting of Fishes in the Northern Pacific Ocean), Vladivostok: TINRO-Tsent, 2005.

Chetvergova, A.V., Maturation of west Kamchatka flounders, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2002, vol. 130, pp. 940–953. EDN: HSLADZ

Chugunova, N.I., *Rukovodstvo po izucheniyu vozrasta i rosta ryb (metodicheskoye posobiye po ikhtologii)* (Guidelines for studying the age and growth of fish (a manual on ichthyology)), Moscow: Akad. Nauk SSSR, 1959.

Shuntov, V.P., *Biologicheskiye resursy Okhotskogo morya* (Biological Resources of the Sea of Okhotsk), Moscow: Agropromizdat, 1985.

Yusupov, R.R., *Kambaly i paltusy (Pleuronectidae) severnoy chasti Okhotskogo morya (populyatsionnaya biologiya i razvitiye)* (Flounders and halibuts (Pleuronectidae) of the northern part of the Sea of Okhotsk (population biology and development)), Moscow: KMK, 2025.

Yusupov, R.R. and Kaika, A.I., Commercial and biological characteristics of the northern Okhotsk Sea flounders under conditions of increased pressure, in *Sostoyaniye rybokhozyaystvennykh issledovaniy v basseine severnoi chasti Okhotskogo morya* (The Status of Fisheries Research in the Northern Sea of Okhotsk), Magadan: MagadanNIRO, 2009, no. 3, pp. 396–406.

Yusupov, R.R., Metelev, E.A., Sergeev, A.S., and Danilov, V.S., First data on size-age and sexual structure of Sakhalin sole *Limanda sakhalinensis* (Pleuronectidae) in the northern part of the Sea of Okhotsk, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2020, vol. 57, pp. 117–124. doi 10.15853/2072-8212.2020.57.117-124. EDN: DQLLGQ

Yusupov, R.R. and Semenov, Yu.K., Maturation of flounder species in the northern part of the Sea of Okhotsk in 1997–2019, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2023, vol. 68, pp. 90–111. doi 10.15853/2072-8212.2023.68.90-111. EDN: WEHOHR

Yusupov, R.R. and Semenov, Yu.K., Size-age and sex-age structure of flounders in the northern part of the Sea of Okhotsk in 1997–2019, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2023, vol. 69, pp. 27–54. doi 10.15853/2072-8212.2023.69.27-54. EDN: DCYIQC

Beckman, D.W. and Wilson, C.A., Seasonal timing of opaque zone formation in fish otoliths, *Recent developments in fish otolith research*, Columbia: University of South Carolina Press, 1995, pp. 27–44.

Chilton, D.E. and Beamish, R.J., Age determination methods for fishes studied by the groundfish program at the Pacific Biological Station, *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.*, 1982, vol. 60.

Kitano, Y., The Age and Growth on the Yellowfin sole (*Limanda aspera*) in Hecate Strait, British Columbia, *Technical Report № 109*, Canada: Fisheries research board of Canada, 1969.

Munk, K.M., Maximum ages of groundfishes in waters off Alaska and British Columbia and consideration of age determination, *Alaska Fish. Res. Bull.*, 2001, vol. 8, no. 1, pp. 12–21.

Nichol, D.G., Annual and between-sex variability of yellowfin sole, *Pleuronectes asper*, spring-summer distributions in the Bering Sea, *Fish. Bull.*, 1998, vol. 96(3), pp. 547–561.

Nichol, D.G., Effects of geography and bathymetry on growth and maturity of yellowfin sole, *Pleuronectes asper*, in the Bering Sea, *Fish. Bull.*, 1997, vol. 95(3), pp. 494–503.

Weber, D.D. and Shippen, H.H., Age-length-weight and distribution of Alaska plaice, rock sole, and yellowfin sole collected from southeastern Bering Sea in 1961, *Fish. Bull.*, 1975, vol. 74(3), pp. 919–925.

Поступила в редакцию 2.02.2026 г.

После доработки 26.02.2026 г.

Принята к публикации 6.03.2026 г.

The article was submitted 2.02.2026; approved after reviewing 26.02.2026;
accepted for publication 6.03.2026

Научная статья

УДК 581.526.323

DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-64-109

EDN: QQTOYE



ИЕРАРХИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ СООБЩЕСТВ СУБЛИТОРАЛЬНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ РОССИИ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ АДАПТИВНОЙ ЗОНЫ

А.А. Дуленин*

Хабаровский филиал ВНИРО (ХабаровскНИРО),
680038, г. Хабаровск, Амурский бульвар, 13а

Аннотация. Впервые выполнена иерархическая классификация сублиторальной растительности морей российского Дальнего Востока. Поскольку в этом регионе, как и в других морских районах умеренных и высоких широт, выражено доминирование отдельных видов, высших таксонов или экологических групп растительности, это позволяет использовать для ее классификации концепцию адаптивной зоны. Растительный покров представляет собой многоуровневую мозаику адаптивных зон с доминированием на отдельных участках представителей систематических и экологических групп разного ранга. Это дает естественное экологическое основание для иерархической классификации растительности и позволяет составить их продромус — список сообществ, снабженный характеристиками районов их распространения и местообитаний. Сообщества описаны в соответствии с требованиями Международного кодекса фитосоциологической номенклатуры. Доминанты сообществ указаны в качестве их диагностических видов. Продромус включает 113 синтаксонов: 66 ассоциаций, 33 союза, 9 порядков и 5 классов — и будет дополняться при дальнейших исследованиях. Концепция адаптивной зоны позволяет свести количество синтаксонов к минимуму, устраняет субъективность в их выделении, позволяет максимально приблизить систему синтаксонов к естественной классификации и обеспечивает возможность однозначного опознания сообществ. Продромус пригоден в качестве их полевого определителя. Полученные результаты показывают применимость использованного подхода для классификации морской растительности других регионов, по крайней мере в умеренных и высоких широтах.

Ключевые слова: адаптивная зона, сообщества растительности, сублитораль, дальневосточные моря, иерархическая классификация

Для цитирования: Дуленин А.А. Иерархическая классификация сообществ сублиторальной растительности дальневосточных морей России на основе концепции адаптивной зоны // Изв. ТИНРО. — 2026. — Т. 206, вып. 1. — С. 64–109. DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-64-109. EDN: QQTOYE.

* Дуленин Александр Алексеевич, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, dulenin@khabarovsk.vniro.ru, ORCID 0000-0002-3491-6805.

© Дуленин А.А., 2026

Hierarchical classification of sublittoral vegetation assemblages in the Far Eastern seas of Russia based on the concept of adaptive zone

Alexander A. Dulenin

Khabarovsk branch of VNIRO (KhabarovskNIRO),
13a, Amursky Boulevard, Khabarovsk, 680038, Russia

Ph.D., leading researcher, dulenin@khabarovsk.vniro.ru, ORCID 0000-0002-3491-6805

Abstract. Hierarchical classification of the sublittoral vegetation in the Russian Far Eastern seas is presented for the first time. Like other marine areas of temperate and high latitudes, this region is characterized by dominance of certain species, higher taxa, or ecological groups of vegetation that allows to use the concept of adaptive zones for the classification. The vegetation cover represents a multi-level mosaic of adaptive zones, with the dominants in certain areas belonged to taxonomic and ecological groups of various rank. Such structure gives a natural ecological basis for the hierarchical classification of vegetation displayed as a prodromus — a list of assemblages, accompanied with information on their location and habitat. The assemblages are described in accordance with requirements of the International Code of Phytosociological Nomenclature; their dominants are listed as diagnostic species. The prodromus includes 113 syntaxa: 66 associations, 33 unions, 9 orders, and 5 classes, and will be expanded through further research. The adaptive zone concept provides the minimum number of syntaxa, eliminates subjectivity in their identification, brings the syntaxa system as close as possible to the natural classification, and enables unambiguous identifying the assemblages. The prodromus is suitable as a field guide. The results demonstrate applicability of this approach for classifying marine vegetation in other regions, too, at least in temperate and high latitudes.

Keywords: adaptive zone, vegetation assemblage, sublittoral zone, Far Eastern seas, hierarchical classification

For citation: Dulenin A.A. Hierarchical classification of sublittoral vegetation communities in the Far Eastern seas of Russia based on the concept of adaptive zone, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2026, vol. 206, no. 1, pp. 64–109. (In Russ.) DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-64-109. EDN: QQTOYE.

Введение

Настоящая работа выполнена в продолжение предыдущего исследования [Дуленин, 2025a], в котором инвентаризованы сублиторальные растительные ассоциации дальневосточных морей России. В качестве следующего шага изучения ценотической структуры растительности региона было предложено составление продromуса, т.е. иерархической классификации сообществ донной растительности с указанием их ранга, условий формирования, районов распространения и источников, на основании которых эти сообщества выделены. Такое исследование необходимо в связи с тем, что к сообществам морской растительности приурочены промысловые ресурсы макрофитов [Дуленин, 2023, 2024a]. Кроме того, классификация растительности полезна при выполнении разнообразных прикладных экологических изысканий и природоохранных мероприятий.

До настоящего времени иерархической классификации сублиторальной растительности морей Дальнего Востока России не было. Предлагались варианты классификации растительности только для отдельных районов. Для высокобореальных районов (Берингова и северной части Охотского моря) такую работу выполнила В.Б. Возжинская, однако в автореферате ее докторской диссертации [Возжинская, 1996] выделенные ею сообщества не были приведены. Аналогично не перечислены и сообщества Курильских островов, классифицированные в кандидатской диссертации И.С. Гусаровой [1975]. Иерархическая структура растительности была описана только по южному Сахалину [Петров, Поздеев, 1992] и северо-западной части Татарского пролива [Дуленин, 2021]. Кроме того, ранее показано [Дуленин, 2023], что исследователи применяли разные методы для описания сообществ, вследствие чего полученные ими результаты нередко были непригодны для прямого сопоставления.

В связи с этим необходимо было найти экологически адекватную методологическую основу, пригодную для построения общей классификации растительности дальневосточных морей России. В качестве такой основы здесь использована концепция адаптивной зоны (АЗ). Первоначально она была предложена эволюционистом Д.Г. Симпсоном [1948] для характеристики приспособленности организмов к условиям обитания. И.В. Волвенко показал целесообразность применения этой концепции в биоценологических исследованиях [Волвенко, 2018; Volvenko, 2022].

Здесь АЗ понимается как участок (или некоторое множество участков) растительного покрова, где условия обитания некоторого вида (либо высшего таксона, либо экологической группы) столь благоприятны, что он преобладает по обилию над прочими, формируя сообщества с собственным доминированием. Это, как было показано ранее [Дуленин, 2025a], соответствует наблюдаемой картине сложения растительных сообществ умеренных и высоких широт. Д.Г. Симпсон [1948] рассматривал широкие АЗ высших таксонов, расходящиеся на более узкие АЗ отдельных видов по мере их приспособления к условиям среды. В этом случае, в понимании Симпсона, весь пояс подводной растительности представляет собой широкую АЗ макроскопических прикрепленных автотрофных организмов. Широкая АЗ, вследствие приспособленности высших таксонов (бурых, красных, зеленых водорослей и морских трав) к изменениям условий среды в ее пределах, расщепляется на отдельные АЗ более низкого ранга: ценотические пояса с доминированием высших таксонов, внутри которых, в свою очередь, формируются узкие АЗ в виде участков доминирования отдельных видов. Весь пояс растительности фактически представляет собой мозаику разноразмерных АЗ. Такое сложение растительного покрова (или структура растительности, т.е., в данном случае, типичные особенности пространственного распределения его составных частей) дает основание для естественной, экологически обоснованной иерархической классификации растительных сообществ.

При подобном подходе множества фитоценозов с общим главным доминантным видом (т.е. наиболее обильным видом в фитоценозе) целесообразно описывать в ранге растительных ассоциаций, что и было сделано автором ранее [Дуленин, 2023, 2024a, 2025a]. АЗ высших таксонов и экологических групп, соответственно, были описаны здесь в качестве высших синтаксонов, т.е. сообществ более высокого ранга.

Материалы и методы

Синтаксоны выделены для бореальной зоны приазиатской части Тихого океана, включающей морские акватории Дальнего Востока России. Существуют два основных подхода к классификации растительности — доминантный, основывающийся на выявлении наиболее обильных видов, и флористический, построенный на поиске устойчивых сочетаний так называемых диагностических видов в сообществах [Миркин, Наумова, 2012]. Очевидно, что само формирование АЗ с преобладанием отдельных видов и высших таксонов предполагает использование доминантного подхода. Однако учитывая популярность в последние десятилетия флористических методов классификации, была поставлена задача сделать предлагаемый продромус легко читаемым для исследователей, использующих флористический подход. Для этого, по примеру Е.И. Вейсберга [2010], доминанты сообществ были обозначены в качестве их диагностических видов, поскольку система «флористических» синтаксонов подхода пригодна и для классификации сообществ, описанных по доминантам [Василевич, 2010].

Синтаксоны названы по рекомендациям Международного кодекса фитосоциологической номенклатуры (МКФН) [Терийа и др., 2022]: латинские окончания *-etum* даны ассоциациям, *-ion* — союзам, *-talia* — порядкам, *-tea* — классам. Диагностические виды указаны только для высших синтаксонов. В качестве единственного диагностического вида каждой ассоциации указан ее главный доминант, для которого в ее фитоценозах сформирована АЗ. Ассоциации с главными доминантами, принадлежащими к одному

роду или семейству, объединены в союзы растительности, с главными доминантами, принадлежащими к одному таксономическому порядку — в порядки, к одному классу или отделу — в классы растительности. В отдельных случаях для выделения высших синтаксонов были использованы данные о ярусах растительности, формируемых сообществами синтаксона или об их жизненных формах. В качестве основы стандартной формы описания синтаксонов предлагаемого продромуса использована форма, предложенная ранее [Mucina et al., 2016] с некоторыми изменениями, связанными со спецификой настоящей работы и доминантного метода описания сообществ. Разделы с описаниями синтаксонов пронумерованы в соответствии с ГОСТом. Поскольку в дальневосточных морях России все сообщества, кроме морских трав, описаны в соответствии с требованиями МКФН впервые, то синонимия вновь предлагаемых синтаксонов не указана. Таксоны макрофитов названы в соответствии с международной альгологической базой AlgaeBase [Guiry, Guiry, 2026*].

Инвентаризации сообществ выполнены по данным автора [Дуленин, 2023, 2024a] и литературным сведениям [Дуленин, 2025a]. Из литературных источников выбраны указания на те доминанты, у которых в районах Дальнего Востока формируются АЗ. Для этого использованы приведенные в этих источниках количественные и качественные данные либо словесные указания на то, что обсуждаемый вид, высший таксон или экологическая группа, образует АЗ, т.е. количественно преобладает на отдельных участках растительности.

В каждую ассоциацию выделены множества (не менее 3) фитоценозов с общим главным доминантом. Ассоциации с главными доминантами, принадлежащими к одному роду или семейству, объединены в союзы. В синтаксоны ранга порядка объединены союзы с главными доминантами своих ассоциаций, таксономически принадлежащими к одному порядку, жизненной форме или ярусу, в синтаксоны ранга класса — порядки с главными доминантами, таксономически принадлежащими к одному классу или отделу. Результаты обобщения данных сведены в итоговые таблицы, содержащие качественные и количественные характеристики каждой ассоциации. Описанные ранее разреженные поселения [Дуленин, 2008, 2019], не формирующие собственных АЗ, исключены из рассмотрения.

Автором для описания подводной растительности изучена сублитораль северо-западных побережий Японского и Охотского морей. Здесь в 32 экспедициях с 1999 по 2024 г. выполнено более 11 тыс. гидробиологических станций преимущественно водолажным способом, а также с применением подводных роботов, во время погружений собирали качественные (видовой состав) и количественные (проективное покрытие дна растительностью, удельная биомасса) данные. Не менее 600 водолажных станций вдоль 1,5 тыс. км побережий автором выполнены лично. Сообщества других районов выделены по литературным данным. Для этого проанализировано более 90 публикаций, большинство из которых упомянуто в настоящей работе.

Результаты и их обсуждение

Продромус сублиторальной растительности

На Дальнем Востоке России описания растительности, выполненные с позиций флористического подхода [Терийа и др., 2022], отсутствуют. До недавнего времени не было и валидно (с позиций МКФН) опубликованных синтаксонов растительности морей Дальнего Востока России. В настоящее время имеется только 2 таких работы [Дуленин, 2023, 2024a]. За почти век целенаправленных исследований макрофитобентоса Дальнего Востока данные, необходимые для описания растительности на флористических принципах, так и не накоплены. Очевидно, что как в силу объективных особенностей

* Guiry M.D., Guiry G.M. AlgaeBase. World-wide electronic publication. University of Galway, 2026. <https://www.algaebase.org>.

сложения растительности региона (формирование АЗ отдельных видов, отсутствие их устойчивых сочетаний), так и в силу чисто технических причин (труднодоступность районов и крайне тяжелые условия проведения исследований) в собственном смысле слова флористическая классификация морской растительности Дальнего Востока скорее всего никогда не будет выполнена. Поэтому (с позиций МКФН) синтаксоны, выделенные по литературным данным, описаны провизорно.

Обсуждаемые морские сообщества моно- либо олигодоминантны (т.е. помимо главного доминанта в них могут присутствовать доминанты подчиненных ярусов) и хорошо классифицируются, поэтому их синтаксономическая классификация близка к естественной, а объем предлагаемых синтаксонов велик. Высшие синтаксоны диагностируются, если в качестве доминанта главного, т.е. наиболее высокого, яруса сообществ обнаруживается любой из их диагностических видов. Множество диагностических видов высших синтаксонов отражает множество их ассоциаций, поименованных по каждому из этих видов. Данные о синтаксонах неполны. По мере накопления сведений в состав синтаксонов будут включаться другие диагностические виды, а сведения о географии их распространения и условиях обитания будут расширяться. Ниже приведен разработанный на основе концепции АЗ продромус сублиторальной растительности морей Дальнего Востока России. Описания местообитаний синтаксонов представляют собой характеристики экологических условий формирования их АЗ.

1. Класс: *Ulvophycetea* cl. nov. hoc loco. В качестве номенклатурного типа класса использован номенклатурный тип асс. *Ulvetum fenestratae* Dulenin, 2024 с первичным описанием, опубликованным ранее [Дуленин, 2024a].

Характеристика: Морские сообщества литоральных и сублиторальных зеленых макроводорослей класса *Ulvophyceae* K.R. Mattox et K.D. Stewart 1984 умеренных вод приазиатской части Тихого океана. Все сообщества класса формируют II ярус растительности.

Диагностические виды: *Ulva clathrata* (Roth) C. Agardh 1811, *U. fenestrata* Postels et Ruprecht 1840, *U. linza* Linnaeus 1753.

Местообитание: Литораль и сублитораль до глубины 20 м на естественных твердых грунтах и антропогенных субстратах, обычно на денудационных склонах и отмостках, при гидродинамической нагрузке от сильной до слабой, у открытых берегов, во внешних и кутовых частях бухт и заливов, в условиях от олигосапробных до полисапробных.

Распространение: Нахождение сообществ класса следует ожидать во всех морях Дальнего Востока России. Помимо этого, сообщества зеленых водорослей класса *Ulvophyceae* распространены по всему миру.

Примечание: Для выделения класса* и его сообществ использованы данные, полученные в северо-западной части Татарского пролива [Дуленин, 2024a], дополненные литературными сведениями [Перестенко, 1980; Ключкова, 1996; Галышева, 2004; Скрипцова и др., 2018].

1.1. Порядок: *Ulvetalia* nov. hoc loco. Номенклатурный тип порядка соответствует таковому для класса.

Характеристика: Морские сообщества сублиторальных макроводорослей порядка *Ulvales* Blackman et Tansley 1902 умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Диагностические виды: Соответствуют таковым для класса.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 20 м, на твердых грунтах.

Распространение: Соответствует распространению класса (см. выше).

Примечание: Порядок может быть дополнен низшими синтаксонами в случае описания сообществ с доминированием других видов порядка *Ulvales*.

1.1.1. Союз: *Ulvion* nov. hoc loco. Номенклатурный тип порядка соответствует таковому для класса.

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей сем. *Ulvaceae* Японского моря.

* Encyclopedia of life. <https://eol.org>.

Диагностические виды: Соответствуют таковым для класса.

Местообитание: Соответствуют таковым для класса.

Распространение: Соответствует таковому у порядка.

Примечание: Соответствуют таковым для класса.

1.1.1.1. Ассоциация: *Ulvetum clathratae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Ulva clathrata*.

Местообитание: Сублитораль до глубины 5 м, в условиях умеренной гидродинамической нагрузки, на твердых грунтах, в олигосапробных местообитаниях при нормальной морской солености.

Распространение: Японское море — зал. Петра Великого [Перестенко, 1980].

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным [Перестенко, 1980]. Замечания совпадают с таковыми для класса.

1.1.1.2. Ассоциация: *Ulvetum fenestratae* Dulenin 2024. Номенклатурный тип ассоциации с первичным описанием опубликован ранее [Дуленин, 2024a].

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Ulva fenestrata* умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Местообитание: Сублитораль до глубины 10 м, в условиях умеренной гидродинамической нагрузки, на твердых грунтах, чаще всего на денудационных склонах и отмостках, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Японское море — южное Приморье [Перестенко, 1980; Галышева, 2004; Скрипцова и др., 2018], материковое побережье Татарского пролива [Дуленин, 2024a]. Весьма вероятно обнаружение фитоценозов ассоциации в северном Приморье, у западных берегов Сахалина и у материковых побережий Охотского моря и во всех предполагаемых районах распространения класса.

1.1.1.3. Ассоциация: *Ulvetum linzae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Ulva linza* восточной Камчатки.

Местообитание: Литораль и сублитораль до глубины 4 м, на твердых грунтах и антропогенных субстратах, при нормальной морской солености и опреснении.

Распространение: восточная Камчатка [Клочкова и др., 2009a].

2. Класс: *Phaeophycetea* nov. hoc loco. В качестве номенклатурного типа класса использован номенклатурный тип асс. *Saccharinetum japonicae* Dulenin, 2024 с первичным описанием, опубликованным ранее [Дуленин, 2024a].

Характеристика: Морские сообщества литоральных и сублиторальных макроводорослей класса *Phaeophyceae* Kjellman 1891 умеренных вод приазиатской части Тихого океана. Формируют I и II ярусы растительности.

Диагностические виды: *Agarum clathratum* Dumortier 1822, *Alaria esculenta* (Linnaeus) Greville 1830, *Arthrothamnus bifidus* (S.G. Gmelin) J. Agardh 1868, *A. kurilensis* Ruprecht 1848, *Chorda asiatica* Sasaki et Kawai 2007, *Chordaria flagelliformis* (O.F. Müller) C. Agardh 1817, *Costaria costata* (C. Agardh) De A. Saunders 1895, *Cymathere fibrosa* Nagai 1933, *C. triplicata* (Postels et Ruprecht) J. Agardh 1868, *Dictyosiphon foeniculaceus* (Hudson) Greville 1830, *Ectocarpus siliculosus* (Dillwyn) Lyngbye 1819, *Eualaria fistulosa* (Postels et Ruprecht) M.J. Wynne 2009, *Hedophyllum bongardianum* (Postels et Ruprecht) Yendo 1914, *H. dentigerum* (Kjellman) Starko, S.C. Lindstrom et Martone 2019, *Kjellmaniella crassifolia* Miyabe 1902, *Laminaria appressirhiza* Ju.E. Petrov et Vozzhinskaya 1970, *L. inclinatorhiza* Ju.E. Petrov et Vozzhinskaya 1970, *L. yezoensis* Miyabe 1902, *Pseudolessonia laminarioides* (Postels et Ruprecht) G.Y. Cho, Kloczkova, Krupnova et Boo 2006, *Punctaria plantaginea* (Roth) Greville 1830, *Saccharina angustata* (Kjellman) C.E. Lane, C. Mayes, Druehl et G.W. Saunders 2006, *S. cichorioides* (Miyabe) C.E. Lane, C. Mayes, Druehl et G.W. Saunders 2006, *S. japonica* (J.E. Areschoug) C.E. Lane, C. Mayes, Druehl et G.W. Saunders 2006, *S. kurilensis* C.E. Lane, C. Mayes, Druehl et G.W. Saunders 2006, *S. latissima* (Linnaeus) C.E. Lane, C. Mayes, Druehl et G.W. Saunders 2006, *Sargassum pallidum* (Turner) C. Agardh

1820, *S. miyabei* Yendo 1907, *Scytosiphon lomentaria* (Lyngbye) Link, nom. cons. 1833, *Stephanocystis crassipes* (Mertens ex Turner) Draisma, Ballesteros, F. Rousseau et T. Thibaut 2010, *Thalassiophyllum clathrus* (S.G. Gmelin) Postels et Ruprecht 1840.

Местообитание: Литораль и сублитораль до глубины 25 м, на твердых грунтах при уклоне дна от незаметного до отвесного, на клифах, бенчах, денудационных склонах и отмостках, преимущественно в условиях сильной и умеренной гидродинамической нагрузки у открытых берегов и во внешних частях бухт и заливов, преимущественно в олигосапробных условиях.

Распространение: Тихий океан и все моря Дальнего Востока России [Скарлато и др., 1967; Возжинская, Блинова, 1970; Перестенко, 1980, 1997; Толстикова, 1980; Петров, Поздеев, 1992; Ключкова, 1996; Галышева, 2004; Евсеева, 2007; Калита, Скрипцова, 2014; Дуленин, 2021, 2023, 2024a]. Сообщества морских бурых макроводорослей распространены от арктических до субтропических и тропических вод по всему миру*.

Примечание: Класс выделен по собственным и литературным данным (см. выше).

2.1. Порядок: *Phaeophycetalia mesoalgosae* nom. prov.

Характеристика: Морские сообщества сублиторальных макроводорослей класса Phaeophyceae, формирующие II ярус растительности умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Диагностические виды: *Chorda asiatica*, *Chordaria flagelliformis*, *Dictyosiphon foeniculaceus*, *Ectocarpus siliculosus*, *Punctaria plantaginea*, *Scytosiphon lomentaria*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 16 м, на твердых грунтах.

Распространение: Японское, Охотское, Берингово моря, Тихий океан [Скарлато и др., 1967; Возжинская, Блинова, 1970; Перестенко, 1980, 1997; Толстикова, 1980; Петров, Поздеев, 1992; Ключкова, 1996; Галышева, 2004; Евсеева, 2007; Калита, Скрипцова, 2014].

Примечание: Порядок выделен по литературным данным (см. выше).

2.1.1. Союз: *Chordion* nom. prov.

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей сем. Chordaceae Dumortier 1822 умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Диагностический вид: *Chorda asiatica*.

Местообитание: Японское море: зал. Петра Великого [Перестенко, 1980] и Татарский пролив [Ключкова, 1996], Берингово море [Толстикова, 1980]. Учитывая распространение союза на крайнем севере и крайнем юге российского Дальнего Востока, вероятно его распространение также у Курильских островов.

Распространение: Соответствует таковому у порядка.

Примечание: Союз выделен по литературным данным (см. выше).

2.1.1.1. Ассоциация: *Chordetum asiaticae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Chorda asiatica* дальневосточных морей России.

Местообитание: Сублитораль, на твердых грунтах, обычно на отмостках бенча, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Японское, Охотское и Берингово моря.

Примечание: Ассоциация выделена по литературным данным [Перестенко, 1980; Толстикова, 1980; Ключкова, 1996; Ключкова и др., 2009a].

2.1.2. Союз: *Chordarion* nom. prov.

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей сем. Chordariaceae Greville 1830 умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Диагностические виды: *Chordaria flagelliformis*, *Dictyosiphon foeniculaceus*.

Местообитание: Литораль и сублитораль до глубины 10 м, на твердых грунтах, при сильной и умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных местообитаниях, при нормальной морской солености.

* Encyclopedia of life. <https://eol.org>.

Распространение: Японское море: заливы Находка [Галышева, 2004] и Петра Великого [Калита, Скрипцова, 2014], материковое и сахалинское побережья Татарского пролива [Клочкова, 1996]; Берингово море — Анадырский залив [Толстикова, 1980]; Тихий океан — восточная Камчатка [Перестенко, 1997].

Примечание: Союз описан по литературным данным (см. выше).

2.1.2.1. Ассоциация: *Chordarietum flagelliformae* nom. prov.

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей с доминированием *Chordaria flagelliformis* умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Местообитание: Совпадают с таковыми для союза.

Распространение: Совпадает с таковым для союза.

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным (см. источники, указанные для союза).

2.1.2.2. Ассоциация: *Dictyosiphonetum foeniculaceae* nom. prov.

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей с доминированием *Dictyosiphon foeniculaceus* Берингова моря и Тихого океана.

Местообитание: Литораль и верхний этаж сублиторали, на заиленных и твердых грунтах, при умеренной или слабой гидродинамической нагрузке, в олиго- или мезосапробных местообитаниях, при нормальной морской солености или в условиях распреснения.

Распространение: Берингово море: Анадырский залив [Толстикова, 1980]; Тихий океан: восточная Камчатка [Клочкова и др., 2009а]. Вероятно формирование фитоценозов ассоциации у обоих берегов Татарского пролива [Клочкова, 1996].

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным (см. источники, указанные для союза).

2.1.3. Союз: *Ectocarpion* nom. prov.

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей рода *Ectocarpus* Lyngbye, 1819.

Местообитание: Сублитораль до глубины 5 м, на твердых грунтах, при умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Японское море. Ранее сообщества были описаны в зал. Петра Великого [Перестенко, 1980].

Примечание: Союз описан по литературным данным (см. выше).

2.1.3.1. Ассоциация: *Ectocarpetum siliculosae* nom. prov.

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей с доминированием *Ectocarpus siliculosus*.

Местообитание: Совпадают с таковыми для союза.

Распространение: Японское море — зал. Петра Великого [Перестенко, 1980].

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным [Перестенко, 1980].

2.1.4. Союз: *Punctarion* nom. prov.

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей рода *Punctaria* Greville, 1830.

Диагностический вид: *Punctaria plantaginea*.

Местообитание: Сублитораль до глубины 4 м на твердых грунтах при умеренной гидродинамической нагрузке в олигосапробных условиях.

Распространение: Японское море [Перестенко, 1980; Калита, Скрипцова, 2014].

Примечание: Союз описан по литературным данным (см. выше).

2.1.4.1. Ассоциация: *Punctarietum plantagineae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Punctaria plantaginea*.

Местообитание: Сублитораль до глубины 4 м, твердые грунты, сильная или умеренная гидродинамическая нагрузка, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Японское море. Ранее сообщества *Punctaria plantaginea* были выделены в зал. Петра Великого Японского моря [Перестенко, 1980; Калита, Скрипцова, 2014]. Судя по косвенным данным, фитоценозы ассоциации могут формироваться у материкового и сахалинского берегов Татарского пролива [Клочкова, 1996].

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным (см. выше).

2.1.5. Союз: *Scytosiphonion* nom. prov.

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей рода *Scytosiphon* C. Agardh, 1820.

Диагностический вид: *Scytosiphon lomentaria*.

Местообитание: Сублитораль до глубины 4 м на твердых грунтах в олиго- и мезосапробных условиях при нормальной морской солености или в условиях опреснения.

Распространение: Японское море [Скарлато и др., 1967; Клочкова, 1996].

Примечание: Союз описан по литературным данным (см. выше).

2.1.5.1. Ассоциация: *Scytosiphonetum lomentariae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Scytosiphon lomentaria*.

Местообитание: Совпадают с таковыми для союза.

Распространение: Японское море. Ассоциация описана по литературным данным. Ранее сообщества *Scytosiphon lomentaria* были выделены в зал. Петра Великого Японского моря [Скарлато и др., 1967], а также у материкового и сахалинского берегов Татарского пролива [Клочкова, 1996].

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным (см. выше).

2.1.6. Союз: *Desmarestion* nov. hoc loco. В качестве номенклатурного типа союза использован номенклатурный тип асс. *Desmarestetum viridae* Dulenin 2024 с первичным описанием, опубликованным ранее [Дуленин, 2024a].

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей рода *Desmarestia* J.V. Lamouroux, 1813 умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Диагностические виды: *Desmarestia viridis*, *D. aculeata*.

Местообитание: Литораль и сублитораль до глубины 12 м, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях.

Распространение: Японское и Охотское моря.

Примечание: Союз описан по собственным данным [Дуленин, 2024a]. Замечания совпадают с таковыми для класса.

2.1.6.1. Ассоциация: *Desmarestetum aculeatae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Desmarestia aculeata*.

Местообитание: Сублитораль, на глубинах 10–16 м, на участках выходов твердых грунтов среди песков, в олигосапробных местообитаниях, при нормальной морской солености.

Распространение: Охотское море — западная Камчатка.

Примечание: Ассоциация выделена по литературным данным, массовые поселения *Desmarestia aculeata* описаны у побережий западной Камчатки [Возжинская, Блинова, 1970]. Замечания преимущественно совпадают с таковыми для класса.

2.1.6.2. Ассоциация: *Desmarestetum viridae* Dulenin 2024. Номенклатурный тип ассоциации с первичным описанием опубликован ранее [Дуленин, 2024a].

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Desmarestia viridis*.

Местообитание: Сублитораль, на глубинах 3–10 м, на твердых галечно-валунных грунтах, нередко на денудационных склонах, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, с нормальной морской соленостью.

Распространение: Японское и восточная часть Охотского моря. Ранее сообщества *Desmarestia viridis* были описаны для Японского моря в зал. Петра Великого [Скарлато и др., 1967; Перестенко, 1980; Калита, Скрипцова, 2014], у западного Сахалина

[Петров, Поздеев, 1992] и у южных Курильских островов [Евсеева, 2007]. Ассоциация *Desmarestetum viridae* впервые указана для северо-западной части Татарского пролива [Дуленин, 2021].

Примечание: Замечания преимущественно совпадают с таковыми для класса. Наибольшего развития растительный покров ассоциации достигает во второй половине лета.

2.2. Порядок: *Laminaretalia* nov. hoc loco. В качестве номенклатурного типа порядка использован номенклатурный тип асс. *Saccharinetum japonicae* Dulenin 2024 с первичным описанием, опубликованным ранее [Дуленин, 2024a].

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей порядка *Laminariales* Migula 1909, формирующие I ярус растительности умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Диагностические виды: *Agarum clathratum*, *Alaria esculenta*, *Arthrothamnus bifidus*, *A. kurilensis*, *Costaria costata*, *Cymathere fibrosa*, *C. triplicata*, *Eualaria fistulosa*, *Hedophyllum bongardianum*, *H. dentigerum*, *Kjellmaniella crassifolia*, *Laminaria appressirhiza*, *L. inclinatorhiza*, *L. longipes*, *L. yezoensis*, *Pseudolessonia laminarioides*, *Saccharina angustata*, *S. cichorioides*, *S. japonica*, *S. kurilensis*, *S. latissima*, *Sargassum pallidum*, *S. miyabei*, *Stephanocystis crassipes*, *Thalassiosiphonum clathrus*.

Местообитание: Литораль и сублитораль до глубины 25 м на твердых грунтах при уклоне дна от незаметного до отвесного, на клифах, бенчах, денудационных склонах и равнинах, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олиго- и мезосапробных условиях у открытых побережий и во внешних частях бухт и заливов при нормальной морской солёности.

Распространение: На Дальнем Востоке России — Японское, Охотское, Берингово моря и Тихий океан. Сообщества водорослей порядка *Laminariales* распространены по всему миру*.

Примечание: Синтаксон описан по данным автора из северо-западных частей Японского и Охотского морей [Дуленин, 2021, 2023, 2024a] и литературным данным [Скарлато и др., 1967; Блинова, 1968, 1971, 2014; Возжинская, Селицкая, 1970; Блинова, Гусарова, 1971; Рыбаков, 1971; Гусарова, 1975; Лукин, 1979, по: Блинова, 2014; Перестенко, 1980, 1996а, б, 1997; Толстикова, 1980; Бывалина и др., 1985; Голиков и др., 1985; Фадеев, 1985; Петров, Поздеев, 1992; Клочкова, 1996; Михайлова, 2000, 2006; Пельтихина, 2000; Кашенко, 2002; Огородников, 2002, 2007; Селиванова, 2004; Кулепанов, Иванова, 2006; Суховеева, Подкорытова, 2006; Евсеева, 2007; Калита, Скрипцова, 2014].

2.2.1. Союз: *Agarion* nov. hoc loco. В качестве номенклатурного типа союза использован номенклатурный тип асс. *Agaretum clathratae* Dulenin 2024 с первичным описанием, опубликованным ранее [Дуленин, 2024a].

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей сем. Agaraceae Postels et Ruprecht 1840 умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Диагностические виды: *Agarum clathratum*, *Costaria costata*, *Thalassiosiphonum clathrus*.

Местообитание: Литораль [Селиванова, 2004] и сублитораль до глубины 22 м [Дуленин, 2021, 2024б], в условиях сильной и умеренной гидродинамической нагрузки, на твердых грунтах при нормальной морской солёности.

Распространение: Японское [Дуленин, 2021], южная часть Охотского [Перестенко, 1996а] и Берингово моря [Селиванова, 2004], тихоокеанские побережья Камчатки [Перестенко, 1997], Курильских [Евсеева, 2007] и Командорских [Селиванова, 2004] островов. Сообщества представителей сем. Agaraceae в морях северной части Тихого и северо-западной части Атлантического океанов*.

* Encyclopedia of life. <https://eol.org>.

Примечание: Союз выделен по северо-западной части Татарского пролива [Дуленин, 2021, 2024а].

2.2.1.1. Ассоциация: *Agaretum clathratae* Dulenin 2024. Номенклатурный тип ассоциации с первичным описанием опубликован ранее [Дуленин, 2024а].

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей с доминированием *Agarum clathratum* умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Местообитание: Литораль [Селиванова, 2004] и сублитораль до глубины 22 м, в условиях сильной и умеренной гидродинамической нагрузки, на твердых грунтах при уклоне дна от слабого до отвесного, как правило, на денудационных склонах, в олигосапробных условиях, у открытых берегов и во внешних частях бухт и заливов при нормальной морской солености.

Распространение: Японское море, Курильские острова, Берингово море, южная часть Охотского моря. Ранее сообщества *Agarum clathratum* выделены у западных [Петров, Поздеев, 1992] и восточных берегов Сахалина [Перестенко, 1996а], у восточной Камчатки, Командорских островов [Селиванова, 2004] и беринговоморских берегов Чукотки [Толстикова, 1980], у Курильских островов [Евсеева, 2007]. Весьма вероятно нахождение фитоценозов ассоциации у берегов северного Приморья.

Примечание: Ассоциация *Agaretum clathratae* впервые указана для северо-западной части Японского моря [Дуленин, 2021, 2024а]. Наибольшего развития растительный покров ассоциации достигает во второй половине лета.

2.2.1.2. Ассоциация: *Costarietum costatae* Dulenin 2024. Номенклатурный тип ассоциации с первичным описанием опубликован ранее [Дуленин, 2024а].

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Costaria costata* бореальной зоны Японского моря.

Местообитание: Совпадают с таковыми для союза.

Распространение: Японское море — ранее сообщества *Costaria costata* описаны в зал. Петра Великого [Скарлато и др., 1967; Перестенко, 1980; Кашенко, 2002; Калита, Скрипцова, 2014], в зал. Владимира [Кулепанов, Иванова, 2006], у берегов южного Сахалина [Голиков и др., 1985] и северного Приморья [Суховеева, Подкорытова, 2006]. Охотское море — у южных Курильских островов (А.В. Скрипцова, 2024, устное сообщение). Возможно распространение сообществ с доминированием *Costaria costata* и у американских побережий Тихого океана в пределах бореальной зоны*.

Примечание: Ассоциация *Costarietum costatae* впервые указана для северо-западной части Японского моря [Дуленин, 2021].

2.2.1.3. Ассоциация: *Thalassiphyllletum clathrae* nom. prov.

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей с доминированием *Thalassiphyllum clathrus* умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Диагностические виды: *Thalassiphyllum clathrus*.

Местообитание: Литораль [Селиванова, 2004] и сублитораль до глубин 17 м, в условиях сильной и умеренной гидродинамической нагрузки, на твердых грунтах, в олигосапробных местообитаниях, при нормальной морской солености.

Распространение: Охотское море, Берингово море, Тихий океан. Ранее сообщества *Thalassiphyllum clathrus* выделены у восточных берегов Камчатки [Перестенко, 1997], у Командорских [Селиванова, 2004] и Курильских островов [Лукин, 1974, по: Блинова, 2014; Гусарова, 1975].

Примечание: Ассоциация выделена по литературным данным (см. выше).

2.2.2. Союз: *Alarion* nov. hoc loco. В качестве номенклатурного типа союза использован номенклатурный тип асс. *Alarietum esculentae* Dulenin 2023 с первичным описанием, опубликованным ранее [Дуленин, 2023].

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей сем. Alariaceae Setchell et N.L. Gardner 1925 умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

* Encyclopedia of life. <https://eol.org>.

Диагностические виды: *Alaria esculenta*, *Eualaria fistulosa*.

Местообитание: Сублитораль, на глубинах 0–18 м, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, чаще всего на отмостках бенчей и на денудационных равнинах, в олиго- или мезосапробных местообитаниях, при нормальной морской солености.

Распространение: Охотское [Возжинская, Селицкая, 1970; Блинова, 1971, 2014; Перестенко, 1996а; Дуленин, 2023], Берингово [Толстикова, 1980], Японское [Клочкова, 1996] моря, Тихий океан [Перестенко, 1997; Краан, 2020]. Союз выделен по северо-западной части Охотского моря [Дуленин, 2023].

Примечание: Замечания совпадают с таковыми для класса. В составе союза могут быть описаны ассоциации с доминированием других представителей сем. Alariaceae. Союз выделен по материалам, полученным в северо-западной части Охотского моря [Дуленин, 2023].

2.2.2.1. Ассоциация: *Alarietum esculentae* Dulenin 2023. Номенклатурный тип ассоциации с первичным описанием опубликован ранее [Дуленин, 2023].

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Alaria esculenta* северной части Охотского моря.

Местообитание: Сублитораль до глубины 11 м, на твердых естественных грунтах при уклоне дна от незаметного до крутого, в условиях сильной гидродинамической нагрузки, у открытых берегов или в слабо защищенных от волнового воздействия бухтах и заливах, обычно на отмостках бенчей, в олигосапробных местообитаниях, при нормальной морской солености.

Распространение: Показано, что представители рода *Alaria* северной части Охотского моря [Клочкова и др., 2019, неопубл. данные, полученные в 2023 г. А.В. Скрипцовой] являются *Alaria esculenta*. Поскольку сообщества с доминированием *Alaria esculenta* формируются в морях и океанах бореальной и арктической зон Северного полушария Земли [Краан, 2020; Encyclopedia..., 2025*], весьма вероятно, что сообщества представителей *Alaria* в других районах — у Шантарских [Возжинская, Селицкая, 1970] и Курильских [Гусарова, 1975] островов, у берегов восточного Сахалина [Блинова, 2014], в Беринговом море у берегов Анадырского залива [Толстикова, 1980] и восточной Камчатки [Перестенко, 1997], в Татарском проливе [Клочкова, 1996] — также являются фитоценозами ассоциации *Alarietum esculentae*.

Примечание: Замечания преимущественно совпадают с таковыми для класса. Ассоциация *Alarietum esculentae* описана автором по северо-западной части Охотского моря [Дуленин, 2023]. Наибольшего развития растительный покров ассоциации достигает во второй половине лета.

2.2.2.2. Ассоциация: *Eualarietum fistulosae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Eualaria fistulosa* восточной Камчатки, Командорских и Курильских островов.

Местообитание: Сублитораль до глубины 18 м, на твердых естественных грунтах денудационных равнин, у открытых берегов при нормальной морской солености.

Распространение: Охотское и Берингово моря, Тихий океан. Ассоциация распространена у берегов восточной Камчатки [Перестенко, 1996б; Суховеева, Подкорытова, 2006; Клочкова и др., 2009б], у Курильских [Гусарова, 1975; Лукин, 1979, по: Блинова, 2014; Огородников, 2002; 2007] и Командорских островов [Кардакова-Преженцова, 1938; Суховеева, Подкорытова, 2006].

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным (см. выше).

2.2.3. Союз: *Arthrotamnion* nom. prov.

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей сем. Arthrothamnaceae Petrov 1974 восточной части Охотского моря и прилегающей к нему части Тихого океана.

* Encyclopedia of life. <https://eol.org>.

Диагностические виды: *Arthrothamnus bifidus*, *A. kurilensis*.

Местообитание: Сублитораль до глубины 15 м, в условиях сильной гидродинамической нагрузки, в олигосапробных местообитаниях, при нормальной морской солености.

Распространение: Охотское море, Тихий океан. Союз распространен у тихоокеанских берегов Камчатки [Перестенко, 1997; Блинова, 2014], у охотоморских и тихоокеанских побережий Курильских островов [Гусарова, 1975; Евсеева, 2007; Огородников, 2007].

Примечание: Союз описан по литературным данным (см. выше).

2.2.3.1. Ассоциация: *Arthrotamnetum bifidae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Arthrothamnus bifidus* Охотского моря и прилегающей к нему части Тихого океана.

Местообитание: Сублитораль до глубины 15 м, на твердых естественных грунтах в условиях сильной гидродинамической нагрузки, у открытых берегов.

Распространение: Совпадает с распространением союза.

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным [Гусарова, 1975; Евсеева, 2007].

2.2.3.2. Ассоциация: *Arthrotamnetum kurilensae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Arthrothamnus kurilensis* Курильских островов и южного Сахалина.

Местообитание: Сублитораль до глубины 10 м, на твердых естественных грунтах в условиях сильной гидродинамической нагрузки, у открытых берегов.

Распространение: Охотское море, Тихий океан. Ассоциация распространена у южных Курильских островов [Гусарова, 1975] и юго-восточных берегов Сахалина [Блинова, 2014].

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным (см. выше).

2.2.4. Союз: *Cymatherion* nom. prov.

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей рода *Cymathae* J. Agardh, 1868 Курильских островов.

Диагностические виды: *Cymathere fibrosa*, *C. triplicata*.

Местообитание: Сублитораль до глубины 20 м, преимущественно при сильной и умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях.

Распространение: Курильские острова [Гусарова, 1975; Евсеева, 2007].

Примечание: Союз выделен по литературным данным (см. выше).

2.2.4.1. Ассоциация: *Cymatheretum fibrosae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Cymathere fibrosa* южных Курильских островов.

Местообитание: Сублитораль на глубинах 3–11 м, на галечных, валунных и скальных естественных грунтах, при сильной гидродинамической нагрузке, у открытых берегов, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Тихоокеанская сторона южных Курильских островов [Гусарова, 1975; Евсеева, 2007].

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным (см. выше).

2.2.4.2. Ассоциация: *Cymatheretum triplicatae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Cymathere triplicata* северных Курильских островов.

Местообитание: Сублитораль на глубинах 1–18 м, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: охотоморские побережья северных Курильских островов [Огородников, 2002, 2007].

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным (см. выше).

2.2.5. Союз: *Hedophyllion* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей рода *Hedophyllum* Setchell, 1901 Берингова и Охотского морей и северо-восточной части Тихого океана.

Диагностические виды: *Hedophyllum bongardianum*, *H. dentigerum*.

Местообитание: В сублиторали на твердых грунтах, на глубинах до 10 м у мысов и открытых берегов, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солёности.

Распространение: Тихий океан — восточная Камчатка [Перестенко, 1997]; Берингово море — Командорские острова [Селиванова, 2004]; Охотское море — южные Курильские острова [Евсеева, 2007].

Примечание: Союз описан по литературным данным (см. выше).

2.2.5.1. Ассоциация: *Hedophylletum bongardianae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Hedophyllum bongardianum* Берингова моря и северо-западной части Тихого океана.

Местообитание: Сублитораль, на глубинах до 10 м, на твердых естественных грунтах, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солёности.

Распространение: Берингово море — Командорские острова [Селиванова, 2004]; северо-восточная Камчатка [Перестенко, 1997]; Тихий океан — юго-восточная Камчатка [Селиванова, 2004].

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным (см. выше).

2.2.5.2. Ассоциация: *Hedophylletum dentigerae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *H. dentigerum* Берингова моря и северо-западной части Тихого океана.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 10 м, на твердых естественных грунтах, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солёности.

Распространение: Берингово море — Командорские острова [Селиванова, 2004], Тихий океан — юго-восточная Камчатка (там же).

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным (см. выше).

2.2.6. Союз: *Kjellmaniellion* nov. hoc loco. В качестве номенклатурного типа союза использован номенклатурный тип асс. *Kjellmaniellum crassifoliae* Dulenin 2024 с первичным описанием, опубликованным ранее [Дуленин, 2024а].

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей рода *Kjellmaniella* Miyabe, 1902 Японского и южной части Охотского моря.

Диагностический вид: *Kjellmaniella crassifolia*.

Местообитание: Сублитораль, на твердых грунтах, на глубинах до 20 м у мысов и открытых берегов, преимущественно на денудационных равнинах, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных местообитаниях, в условиях нормальной морской солёности.

Распространение: В Японском море [Дуленин, 2021, 2024а], в Охотском море — южные Курильские острова [Гусарова, 1975] и восточный Сахалин [Бывалина и др., 1985].

Примечание: Союз выделен по материалам из северо-западной части Японского моря [Дуленин, 2021, 2024а].

2.2.6.1. Ассоциация: *Kjellmaniellum crassifoliae* Dulenin 2024. Номенклатурный тип ассоциации с первичным описанием опубликован ранее [Дуленин, 2024а].

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Kjellmaniella crassifolia* Японского и южной части Охотского моря.

Местообитание: Сублитораль, на валунных и галечных грунтах, на глубинах 5–20 м, при уклоне дна от незаметного до слабого, преимущественно на денудационных равнинах, у мысов и открытых берегов, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солёности.

Распространение: Японское море — северо-западная часть Татарского пролива [Дуленин, 2021, 2024a]; Охотское море — восточный Сахалин [Бывалина и др., 1985].

Примечание: Ассоциация *Kjellmaniellum crassifoliae* впервые указана для северо-западной части Японского моря [Дуленин, 2021, 2024a]. Наибольшего развития растительный покров ассоциации достигает в сентябре.

2.2.7. Союз: *Pseudolessonion* nov. hoc loco. В качестве номенклатурного типа союза использован номенклатурный тип асс. *Pseudolessonietum laminarioidae* Dulenin 2023 с первичным описанием, опубликованным ранее [Дуленин, 2023].

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей рода *Pseudolessonia* G.Y. Cho, N.G. Klochkova, T.N. Krupnova et Boo, 2006 северной части Охотского моря.

Диагностический вид: *Pseudolessonia laminarioides*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 6 м, преимущественно на валунных грунтах денудационных склонов и равнин, при умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солёности.

Распространение: Северная часть Охотского моря от Шантарских островов до западной Камчатки. Нахождение сообществ с доминированием *Pseudolessonia laminarioides* отмечали у Шантарских островов [Возжинская, Селицкая, 1970; Перестенко, 1996a] и в северо-западной части Охотского моря [Перестенко, 1996a; Дуленин, 2023]. Отмечено формирование собственных поселений псевдолессонии в северной и восточной части Охотского моря у побережий Магаданской области и западной Камчатки [Блинова, 1968, 1971].

Примечание: Союз выделен материалам из северо-западной части Охотского моря [Дуленин, 2023].

2.2.7.1. Ассоциация: *Pseudolessonietum laminarioidae* Dulenin 2023. Номенклатурный тип ассоциации с первичным описанием опубликован ранее [Дуленин, 2023].

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Pseudolessonia laminarioides* северной части Охотского моря.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 6 м с твердыми естественными грунтами, при уклоне дна от незаметного до слабого, на денудационных склонах и равнинах, в условиях умеренной гидродинамической нагрузки, преимущественно под защитой мысов от господствующего направления волн, а также во внешних частях бухт и заливов, в олигосапробных местообитаниях, при нормальной морской солёности. Наибольшего развития растительный покров ассоциации достигает к середине лета.

Распространение: Соответствует таковому для союза.

Примечание: Ассоциация *Pseudolessonietum laminarioidae* описана в северо-западной части Охотского моря [Дуленин, 2023]. Максимального развития растительный покров ассоциации достигает в июле.

2.2.8. Союз: *Laminarion* nom. prov.

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей рода *Laminaria* J.V. Lamouroux умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Диагностические виды: *Laminaria appressirhiza*, *L. inclinatorhiza*, *L. longipes*, *L. yezoensis*.

Местообитание: Литораль и сублитораль до глубины 20 м, преимущественно в условиях сильной и умеренной гидродинамической нагрузки, в олигосапробных местообитаниях.

Распространение: Охотское [Возжинская, Блинова, 1970; Блинова, 1971; Рыбаков, 1971; Перестенко, 1996a; Дуленин, 2015] и Берингово моря [Селиванова, 2004], прилегающая к ним часть Тихого океана [Перестенко, 1997]. Помимо азиатских, сообщества ламинарий можно обнаружить у американских берегов Тихого океана*.

Примечание: Союз описан по литературным данным (см. выше).

* Encyclopedia of life. <https://eol.org>.

2.2.8.1. Ассоциация: *Laminarietum appressirhizae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Laminaria appressirhiza* северной части Охотского моря.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 20 м, на валунных и скальных естественных грунтах при уклоне дна от слабого до отвесного, на клифах и денудационных склонах, при сильной гидродинамической нагрузке у мысов и у открытых берегов, в олигосапробных условиях при нормальной морской солености.

Распространение: Охотское море — западная Камчатка [Возжинская, Блинова, 1970], северная часть моря [Блинова, 1971], северо-западная часть Охотского моря [Дуленин, 2015], Шантарские острова [Рыбаков, 1971; Перестенко, 1996a].

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным (см. выше).

2.2.8.2. Ассоциация: *Laminarietum inclinatorhizae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Laminaria inclinatorhiza* северной части Охотского моря.

Местообитание: Сублитораль, на глубинах до 20 м, на валунных и скальных естественных грунтах, при уклоне дна от слабого до отвесного, на клифах и денудационных склонах, при сильной гидродинамической нагрузке, у мысов и у открытых берегов, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Северная часть Охотского моря от Шантарских островов на западе до охотоморского побережья Камчатки на востоке. На доминирование вида в структуре растительности указывали В.Б. Возжинская и Е.И. Блинова [1970] у западной Камчатки, Е.И. Блинова [1971] — в северной части Охотского моря, О.С. Рыбаков [1971] — у Шантарских островов. Позднее было указано на формирование самостоятельных сообществ *Laminaria inclinatorhiza* в северо-западной части Охотского моря [Дуленин, 2015].

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным (см. выше).

2.2.8.3. Ассоциация: *Laminarietum longipesae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Laminaria longipes* Берингова моря и прилегающей к нему части Тихого океана.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 6 м, на валунных и скальных естественных грунтах при уклоне дна от слабого до отвесного, при сильной гидродинамической нагрузке, у открытых берегов, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Курильские острова, восточная Камчатка, Командорские острова. На доминирование вида в структуре растительности восточной Камчатки указывали Е.И. Блинова и И.С. Гусарова [1971], северных Курильских островов — В.С. Огородников [2002, 2007]. Ассоциации с доминированием *Laminaria longipes* выделены Л.П. Перестенко [1997] у восточной Камчатки и О.Н. Селивановой [2004] — у восточной Камчатки и у Командорских островов. Помимо азиатских, сообщества с доминированием вида могут формироваться у американских берегов Тихого океана*.

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным (см. выше).

2.2.8.4. Ассоциация: *Laminarietum yezoensisae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Laminaria yezoensis* Курильских островов.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 20 м, на валунных и скальных естественных грунтах, при уклоне дна от слабого до отвесного, при сильной гидродинамической нагрузке, у открытых берегов, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Курильские острова. Сообщества с доминированием *Laminaria yezoensis* описаны у северных Курильских островов [Лукин, 1974, по: Блинова, 2014],

* Encyclopedia of life. <https://eol.org>.

ассоциация с доминированием этого вида выделена у южных Курильских островов И.С. Гусаровой [1975]. Сообщества с доминированием *Laminaria yezoensis* могут быть обнаружены у американских берегов Тихого океана*.

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным (см. выше).

2.2.9. Союз: *Saccharinion* nov. hoc loco. В качестве номенклатурного типа союза использован номенклатурный тип асс. *Saccharinetum japonicae* Dulenin 2024 с первичным описанием, опубликованным ранее [Дуленин, 2024a].

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей рода *Saccharina* Stackhouse, 1809 умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Диагностические виды: *Saccharina angustata*, *S. cichorioides*, *S. japonica*, *S. kurilensis*, *S. latissima*.

Местообитание: Литораль и сублитораль до глубины 22 м, преимущественно в условиях сильной и умеренной гидродинамической нагрузки, на клифах, отмостках бенчей, вершинах и склонах подводных скалистых гряд, денудационных равнинах, в олигосапробных местообитаниях.

Распространение: Японское [Скарлато и др., 1967; Перестенко, 1980; Фадеев, 1985; Петров, Поздеев, 1992; Паймеева, Гусарова, 1993; Ключкова, 1996; Кашенко, 2002; Гусарова, 2008, 2010; Калита, Скрипцова, 2014; Дуленин, 2021, 2024a], Охотское [Голиков и др., 1985; Гусарова и др., 1998; Дуленин, 2023] и Берингово [Толстикова, 1980; Перестенко, 1997; Селиванова, 2004] моря, прилегающие к ним части Тихого океана [Перестенко, 1997; Селиванова, 2004; Евсеева, 2007]. Помимо этого сообщества с доминированием сахарин формируются в бореальных и арктических водах морей и океанов Северного полушария Земли [Araújo et al., 2016; Kvile et al., 2022; Encyclopedia..., 2025*], в том числе в России в Белом и Баренцевом морях [Михайлова, 2000, 2006; Пельтихина, 2000].

Примечание: Союз *Saccharinion* выделен по материалам из северо-западной части Японского моря [Дуленин, 2021, 2024a].

2.2.9.1. Ассоциация: *Saccharinetum angustatae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Saccharina angustata* тихоокеанского побережья южных Курильских островов.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 25 м, на валунных и скальных естественных грунтах, при сильной гидродинамической нагрузке, у открытых берегов, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солёности.

Распространение: Тихоокеанские побережья южных Курильских островов [Евсеева, 2007].

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным, выделена Н.В. Евсеевой [2007].

2.2.9.2. Ассоциация: *Saccharinetum cichorioidae* Dulenin 2024. Номенклатурный тип ассоциации с первичным описанием опубликован ранее [Дуленин, 2024a].

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей Японского моря с доминированием *Saccharina cichorioides*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 15 м, с твердыми естественными грунтами, при уклоне дна от незаметного до вертикального, на клифах, отмостках бенчей и денудационных склонах, при умеренной гидродинамической нагрузке, у открытых побережий и во внешних частях бухт и заливов, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солёности.

Распространение: Японское море: сообщества с доминированием *Saccharina cichorioides* описаны на отдельных участках зал. Петра Великого [Скарлато и др., 1967; Перестенко, 1980; Гусарова, 2008; Калита, Скрипцова, 2014]. Указано на доминирование этого вида в структуре растительности у материковых и сахалинских берегов Татарского

* Encyclopedia of life. <https://eol.org>.

пролива [Клочкова, 1996]. Ассоциация *Saccharinetum cichorioidae* впервые указана в северо-западной части Японского моря севернее 50° с.ш. [Дуленин, 2021, 2024а].

Примечание: Наибольшего развития растительный покров ассоциации достигает во второй половине лета.

2.2.9.3. Ассоциация: *Saccharinetum japonicae* Dulenin 2024. Номенклатурный тип ассоциации с первичным описанием опубликован ранее [Дуленин, 2024а].

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Saccharina japonica* Японского и Охотского морей.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 22 м, на твердых естественных грунтах, при уклоне дна от незаметного до крутого, на отмостках бенчей, вершинах и склонах подводных скалистых гряд, денудационных равнинах, преимущественно при сильной гидродинамической нагрузке, у открытых берегов и мысов, в олигосапробных местообитаниях при нормальной морской солености. Наибольшего развития растительный покров ассоциации достигает во второй половине лета.

Распространение: Японское и южная часть Охотского моря. Ранее сообщества *Saccharina japonica* выделены для Японского моря в зал. Посыета [Скарлато и др., 1967], у о. Монерон [Фадеев, 1985], у материковых побережий северного Приморья [Паймеева, Гусарова, 1993; Гусарова, 2010], у о. Фуругельма [Кашенко, 2002], у юго-западных берегов Сахалина [Петров, Поздеев, 1992], в северо-западной части Японского моря [Дуленин, 2021, 2024а], для Охотского моря у берегов юго-восточного Сахалина [Голиков и др., 1985], у южных Курильских островов [Евсеева, 2007].

Примечание: Ассоциация *Saccharinetum japonicae* описана в северо-западной части Японского моря [Дуленин, 2021, 2024а].

2.2.9.4. Ассоциация: *Saccharinetum kurilensae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей Японского моря с доминированием *Saccharina kurilensis*.

Местообитание: Сублитораль, на глубинах 2–15 м с галечными, валунными, глыбовыми и скальными грунтами, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, у открытых побережий, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Южные Курильские острова [Евсеева, 2007].

Примечание: Ассоциация *Saccharinetum kurilensae* выделена по литературным данным. Ассоциация с доминированием *Saccharina kurilensis* описана Н.В. Евсеевой [2007].

2.2.9.5. Ассоциация: *Saccharinetum latissimae* Dulenin 2023. Номенклатурный тип ассоциации с первичным описанием опубликован ранее [Дуленин, 2023].

Характеристика: Сублиторальные сообщества макроводорослей морей с доминированием *Saccharina latissima* умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Местообитание: Сублитораль, на глубинах до 9 м, на твердых естественных или внесенных искусственных грунтах, преимущественно на денудационных склонах, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, с соленостью 24–35 ‰.

Распространение: Тихий океан — восточная Камчатка [Перестенко, 1997], Берингово море — Анадырский залив [Толстикова, 1980]; Охотское море — повсеместно, кроме Курильских островов [Блинова, 1968; Голиков и др., 1985; Перестенко, 1996а, б, Гусарова и др., 1998; Дуленин, 2023]; Японское море — зал. Петра Великого [Перестенко, 1980]. Помимо этого сообщества с доминированием *Saccharina latissima* формируются в бореальных и арктических водах морей и океанов Северного полушария Земли [Araújo et al., 2016; Kvile et al., 2022; Encyclopedia..., 2025*], в том числе в России в Белом и Баренцевом морях [Михайлова, 2000, 2006; Пельтихина, 2000].

* Encyclopedia of life. <https://eol.org>.

2.3. Порядок: *Sargassetalia* nov. hoc loco. В качестве номенклатурного типа порядка использован номенклатурный тип асс. *Sargassetum pallidae* Dulenin 2024 с первичным описанием, опубликованным ранее [Дуленин, 2024a].

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей сем. Sargassaceae Kützting 1843 умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Диагностические виды: *Sargassum pallidum*, *S. miyabei*, *Stephanocystis crassipes*.

Местообитание: Литораль и сублитораль до глубины 10 м, обычно на галечных и валунных грунтах, преимущественно на денудационных склонах и равнинах, при сильной, умеренной и слабой гидродинамической нагрузке, в олиго- и мезосапробных условиях.

Распространение: Охотское [Гусарова и др., 1998; Евсеева, 2007; Дуленин, 2023] и Японское моря [Скарлато и др., 1967; Погребов, Кашенко, 1976; Перестенко, 1980; Бывалина и др., 1985; Петров, Поздеев, 1992; Калита, Скрипцова, 2014; Скрипцова и др., 2018; Дуленин, 2024a].

Примечание: Порядок *Sargassetalia* выделен по материалам из северо-западной части Японского моря [Дуленин, 2021, 2024a].

2.3.1. Союз: *Sargassion* nov. hoc loco. Номенклатурный тип совпадает с таковым для порядка.

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей рода *Sargassum* C. Agardh, 1820 умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Диагностические виды: Совпадают с таковыми для порядка.

Местообитание: Совпадают с таковыми для порядка.

Распространение: Совпадает с таковым для порядка.

Примечание: Союз *Sargassion* описан по материалам из северо-западной части Японского моря [Дуленин, 2021, 2024a]. Сообщества рода *Sargassum* могут быть обнаружены по всему миру*.

2.3.1.1. Ассоциация: *Sargassetum miyabae* Dulenin 2024. Номенклатурный тип ассоциации с первичным описанием опубликован ранее [Дуленин, 2024a].

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей Японского моря с доминированием *Sargassum miyabei*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 10 м, на твердых естественных грунтах, при уклоне дна от незаметного до крутого, преимущественно на денудационных склонах и равнинах, у открытых берегов, а также во внешних и кутовых частях бухт и заливов, при сильной, умеренной или слабой гидродинамической нагрузке, в олиго- и мезосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Японское и Охотское моря. Сообщества с доминированием *Sargassum miyabei* описывали в зал. Петра Великого Японского моря [Скарлато и др., 1967; Перестенко, 1980] и у западного побережья Сахалина [Петров, Поздеев, 1992]. Ассоциация *Sargassetum miyabae* впервые указана для северо-западной части Японского моря [Дуленин, 2021, 2024a].

Примечание: Наибольшего развития растительный покров ассоциации достигает во второй половине лета.

2.3.1.2. Ассоциация: *Sargassetum pallidae* Dulenin 2024. Номенклатурный тип ассоциации с первичным описанием опубликован ранее [Дуленин, 2024a].

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Sargassum pallidum* Японского моря.

Местообитание: Сублитораль на глубинах 3–10 м, на твердых естественных грунтах, при уклоне дна от незаметного до слабого, преимущественно на денудационных склонах и равнинах, у открытых берегов или во внешних частях бухт и заливов, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

* Encyclopedia of life. <https://eol.org>.

Распространение: Японское море. Сообщества с доминированием *Sargassum pallidum* описаны в зал. Петра Великого [Скарлато и др., 1967; Погребов, Кашенко, 1976; Перестенко, 1980; Калита, Скрипцова, 2014], у берегов южного Сахалина [Петров, Поздеев, 1992] и т.д. Ассоциация *Sargassetum pallidae* впервые описана в северо-западной части Японского моря [Дуленин, 2021, 2024a].

Примечание: Наибольшего развития растительный покров ассоциации достигает во второй половине лета.

2.3.2. Союз: *Stephanocystion* nov. hoc loco. В качестве номенклатурного типа союза использован номенклатурный тип асс. *Stephanocystetum crassipae* Dulenin 2024 с первичным описанием, опубликованным ранее [Дуленин, 2024a].

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей рода *Stephanocystis* Trevisan, 1843 Японского и Охотского морей.

Диагностический вид: *Stephanocystis crassipes*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах 2–10 м, на твердых естественных грунтах, обычно на денудационных склонах, преимущественно во внешних или внутренних частях бухт и заливов, под защитой мысов, при умеренной гидродинамической нагрузке, в олиго- и мезосапробных условиях.

Распространение: Японское [Перестенко, 1980; Бывалина и др., 1985; Петров, Поздеев, 1992; Скрипцова и др., 2018; Дуленин, 2021] и Охотское [Евсеева, 2007] моря. Помимо этого, сообщества рода *Stephanocystis* могут быть обнаружены у американских побережий Тихого океана*.

Примечание: Союз *Stephanocystion* впервые указан в северо-западной части Японского моря [Дуленин, 2021].

2.3.2.1. Ассоциация: *Stephanocystetum crassipae* Dulenin 2024.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Stephanocystis crassipes* Японского и Охотского морей.

Местообитание: Сублитораль на глубинах 2–10 м, на твердых естественных грунтах при уклоне дна от незаметного до слабого, преимущественно на денудационных склонах, у открытых берегов под защитой мысов от прямого действия волн, во внешних и кутовых частях бухт и заливов, при умеренной и слабой гидродинамической нагрузке, в олиго- и мезосапробных условиях.

Распространение: Японское и Охотское моря. В Японском море сообщества с доминированием *Stephanocystis crassipes* описаны в зал. Петра Великого Японского моря [Перестенко, 1980; Скрипцова и др., 2018], в северо-западной части Японского моря [Дуленин, 2024a], у берегов западного Сахалина [Бывалина и др., 1985; Петров, Поздеев, 1992], в Охотском море — у западной Камчатки [Блинова, 1968, 1971], у Шантарских островов [Возжинская, Селицкая, 1970], в северной части Охотского моря [Блинова, 1971], у южных Курильских островов [Евсеева, 2007], в северо-западной части Охотского моря [Дуленин, 2023]. Ассоциация *Stephanocystetum crassipae* впервые указана для северо-западной части Японского моря [Дуленин, 2021].

Примечание: Наибольшего развития растительный покров ассоциации достигает во второй половине лета. Ранее [Дуленин, 2023] диагностический вид сообществ саргассовых водорослей северо-западной части Охотского моря по своим морфологическим признакам был опознан как *Sargassum miyabei*, а его фитоценозы отнесены к ассоциации *Sargassetum miyabae*. Затем А.В. Скрипцова (неопубл. данные 2023 г.) по результатам молекулярно-генетического анализа определила образцы саргассовых водорослей из северо-западной части Охотского моря как *Stephanocystis crassipes*. Вследствие этого фитоценозы саргассовых водорослей данного района отнесены к ассоциации *Stephanocystetum crassipae*.

* Encyclopedia of life. <https://eol.org>.

3. Класс: *Rhodophytea* nov. hoc loco. В качестве номенклатурного типа класса использован номенклатурный тип асс. *Ptilotetum asplenioideae* Dulenin 2024 с первичным описанием, опубликованным ранее [Дуленин, 2024а].

Характеристика: Морские сообщества красных макроводорослей Rhodophyta умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Диагностические виды: *Ahnfeltia fastigiata* (Endlicher) Makienko 1970, *Antithamnion sparsum* Tokida 1932, *Boreolithothamnion phymatodeum* (Foslie) P.W. Gabrielson, Maneveldt, Hughey et V. Pena 2023, *B. sonderi* (Hauck) P.W. Gabrielson, Maneveldt, Hughey et V. Peña 2023, *Bossiella compressa* Kloczcova 1978, *Campylaeophora kondoi* (Yendo) Barros-Barreto et Maggs 2023, *Chondrus crispus* Stackhouse 1797, *C. pinnulatus* (Harvey) Okamura 1930, *Clathromorphum circumscriptum* (Strömfelt) Foslie 1898, *C. loculosum* (Kjellman) Foslie 1898, *Congregatocarpus kurilensis* (Ruprecht) M.J. Wynne 2005, *Corallina pilulifera* Postels et Ruprecht 1840, *C. officinalis* Linnaeus 1758, *Crosso-carpus lamuticus* Ruprecht 1850, *Hideophyllum yezoense* (Yamada et Tokida) A.D. Zinova 1981, *Hildenbrandia rubra* (Sommerfelt) Meneghini 1841, *Melyvonnea erubescens* (Foslie) Athanasiadis et D.L. Ballantine 2014, *Neohypophyllum middendorffii* (Ruprecht) M.J. Wynne 1983, *Neopolyporolithon arcticum* (Kjellman) P.W. Gabrielson, S.C. Lindstrom et Hughey 2019, *Neorhodomela larix* (Turner) Masuda 1982, *Polysiphonia morrowii* Harvey 1857, *Ptilota asplenioides* (Esper) C. Agardh 1822, *P. Filicina* J. Agardh 1876, *Odonthalia corymbifera* (S.G. Gmelin) Greville 1830, *Rhodomela teres* (Perestenko) Masuda 1982, *Tichocarpus crinitus* (S.G. Gmelin) Ruprecht 1850, *Turnerella mertensiana* (Postels et Ruprecht) F. Schmitz 1893.

Местообитание: Литораль и сублитораль до глубины 40 м, преимущественно при сильной и умеренной гидродинамической нагрузке, преимущественно олиго- и мезосапробные условия.

Распространение: Все морские акватории Дальнего Востока России [Петров, Поздеев, 1992; Ключкова, 1996; Перестенко, 1997; Галышева, 2004; Селиванова, 2004; Дуленин, 2021, 2023, 2024а; и т.д.].

3.1. Порядок: *Corallinetalia articulatae* nov. hoc loco. В качестве номенклатурного типа порядка использован номенклатурный тип асс. *Bossielletum compressae* Dulenin 2024 с первичным описанием, опубликованным ранее [Дуленин, 2024а].

Характеристика: Морские сообщества членистых известковых макроводорослей III яруса умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Диагностические виды: *Bossiella compressa*, *Corallina pilulifera*, *C. officinalis*.

Местообитание: Литораль и сублитораль на глубинах до 22 м, чаще всего на валунных отмостках бенчей, денудационных склонах и равнинах, при сильной, умеренной и слабой гидродинамической нагрузке, в олиго- и мезосапробных условиях.

Распространение: Японское [Петров, Поздеев, 1992; Ключкова, 1996; Галышева, 2004; Дуленин, 2021, 2024а], Охотское [Дуленин, 2023], Берингово моря [Перестенко, 1997; Селиванова, 2004], Тихий океан [Перестенко, 1997; Селиванова, 2004]. По всему миру*.

3.1.1. Союз: *Corallinion articulatae* nov. hoc loco. В качестве номенклатурного типа союза использован номенклатурный тип асс. *Bossielletum compressae* Dulenin 2024 с первичным описанием, опубликованным ранее [Дуленин, 2024а].

Характеристика: Морские сообщества членистых известковых макроводорослей порядка *Corallinales* P.C. Silva et H.W. Johansen 1986 умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Диагностические виды: Соответствуют таковым для порядка.

Местообитание: Соответствуют таковым для порядка.

Распространение: Соответствуют таковому для порядка.

Примечание: Союз выделен по собственным и литературным данным (см. выше).

* Encyclopedia of life. <https://eol.org>.

3.1.1.1. Ассоциация: *Bossielletum compressae* Dulenin 2024. Номенклатурный тип ассоциации с первичным описанием опубликован ранее [Дуленин, 2024a].

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей Японского моря с доминированием *Bossiella compressa*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах от 3 до 22 м и, вероятно, глубже, на твердых естественных грунтах, обычно на денудационных равнинах, преимущественно у открытых берегов и мысов, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солёности.

Распространение: Японское море, северо-западная часть Японского моря [Дуленин, 2021]. Судя по имеющемуся описанию [Клочкова, 1996], должна быть распространена и у западных берегов Сахалина. Вероятно нахождение у открытых берегов северного Приморья.

Примечание: Ассоциация *Bossielletum compressae* впервые описана в северо-западной части Японского моря [Дуленин, 2021].

3.1.1.2. Ассоциация: *Corallinetum piluliferae* nom. prov.

Характеристика: Морские литоральные и сублиторальные сообщества макроводорослей Японского моря с доминированием *Corallina pilulifera*.

Местообитание: Литораль и сублитораль до глубины 5 м, на твердых естественных грунтах, часто на отмостках бенча, при сильной либо умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солёности.

Распространение: Японское море — у материкового и сахалинского побережий Татарского пролива [Петров, Поздеев, 1992; Клочкова, 1996], в южном Приморье [Галышева, 2004].

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным (см. выше).

3.1.1.3. Ассоциация: *Corallinetum officinaliae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей Японского моря с доминированием *Corallina officinalis*.

Местообитание: Литораль и сублитораль до глубины 5 м, на твердых естественных грунтах, при сильной либо умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солёности.

Распространение: Японское море — у материкового и сахалинского побережий Татарского пролива [Петров, Поздеев, 1992; Клочкова, 1996], в южном Приморье [Галышева, 2004].

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным (см. выше).

3.2. Порядок: *Rhodophytalia crustae* nom. prov.

Характеристика: Морские сообщества красных корковых водорослей IV яруса умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Диагностические виды: *Boreolithotamnion sonderi*, *Clathromorphum loculosum*, *Hildenbrandia rubra*, *Lithotamnion phymatodeum*, *Melyvonnea erubescens*, *Neopolyporolithon arcticum*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах 0–20 м, преимущественно при сильной и умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях.

Распространение: Морские акватории Дальнего Востока России [Паймеева, Гусарова, 1993; Перестенко, 1996б; Гусарова и др., 2012; Блинова, 2014; Дуленин, 2021, 2024a]. По всему миру*.

Примечание: Из-за слабой изученности нижнего яруса донной растительности и сложностей в определении видовой принадлежности корковых известковых водорослей некоторые ассоциации порядка не выделены и могут быть описаны позднее, при накоплении достаточного количества первичных описаний.

3.2.1. Союз: *Corallininia crustae* nom. prov.

Характеристика: Морские сообщества красных известковых корковых макроводорослей порядка *Corallinales* P.C. Silva et H.W. Johansen 1986 умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

* Encyclopedia of life. <https://eol.org>.

Диагностические виды: Соответствуют таковым для порядка.

Местообитание: Соответствуют таковым для порядка.

Распространение: Соответствуют таковым для порядка.

Примечание: То же, что и для порядка.

3.2.1.1. Ассоциация: *Boreolithotamnietum sonderae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей Японского моря с доминированием *Boreolithotamnion sonderi*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах 15–20 м, на твердых естественных грунтах, у открытых берегов, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Охотское море: западное материковое побережье [Перестенко, 1996а].

Примечание: Ассоциация выделена по литературным данным (см. выше).

3.2.1.2. Ассоциация: *Clathromorphetum loculosae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей южных Курильских островов с доминированием *Clathromorphum loculosum*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах 10–30 м, на твердых естественных грунтах, у открытых берегов, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях при нормальной морской солености.

Распространение: Охотское море и Тихий океан: южные Курильские острова [Лукин, 1979, по: Блинова, 2014].

Примечание: Ассоциация выделена по литературным данным (см. выше).

3.2.1.3. Ассоциация: *Clathromorphetum nereostratae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей Командорских островов с доминированием *Clathromorphum nereostratum*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах 2–30 м, на твердых естественных грунтах, в олигосапробных условиях при нормальной морской солености.

Распространение: Берингово море и Тихий океан — Командорские острова [Селиванова, 2004].

Примечание: Ассоциация выделена по литературным данным (см. выше).

3.2.1.4. Ассоциация: *Melyvonnetum erubescensae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей Японского моря с доминированием *Melyvonnea erubescens*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах 10–30 м, на твердых естественных грунтах, у открытых берегов при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Японское море — Приморье [Паймеева, Гусарова, 1993; Гусарова и др., 2012].

Примечание: Ассоциация выделена по литературным данным (см. выше).

3.2.1.5. Ассоциация: *Neopolyporolithetum arcticae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Neopolyporolithon arcticum* южных Курильских островов.

Местообитание: Сублитораль на глубинах 10–30 м, на твердых естественных грунтах, у открытых берегов, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: южные Курильские острова [Лукин, 1979, по: Блинова, 2014].

Примечание: Ассоциация выделена по литературным данным (см. выше).

3.2.2. Союз: *Hildenbrandion* nom. prov.

Характеристика: Морские сообщества красных кожистых корковых водорослей умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Диагностический вид: *Hildenbrandia rubra*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах 0–20 м, у абразионных и денудационных берегов, преимущественно при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке.

Распространение: Морские акватории Дальнего Востока России. Морские сообщества красных кожистых корковых водорослей могут быть обнаружены по всему миру*.

Примечание: Союз выделен по литературным данным [Петров, Поздеев, 1992; Ключкова, 1996] на основании данных, полученных в Татарском проливе, однако с высокой вероятностью он может быть распространен и в других морских акваториях Дальнего Востока.

3.2.2.1. Ассоциация: *Hildenbrandietum rubrae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей Японского моря с доминированием *Hildenbrandia rubra*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 20 м, на валунах, глыбах и скалах, у открытых абразионных и денудационных берегов, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Японское море — у материкового и сахалинского побережья Татарского пролива [Петров, Поздеев, 1992; Ключкова, 1996]. Весьма вероятно формирование фитоценозов ассоциации в других морских акваториях Дальнего Востока России.

Примечание: Ассоциация выделена по литературным данным (см. выше). Прочие замечания преимущественно совпадают с таковыми для класса.

3.3. Порядок: *Rhodophytalia mesoalgosae* nov. hoc loco. В качестве номенклатурного типа порядка использован номенклатурный тип асс. *Ptilotetum asplenioidae* Dulenin 2024 с первичным описанием, опубликованным ранее [Дуленин, 2024a].

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей отдела Rhodophyta формирующие растительность II яруса умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Диагностические виды: *Ahnfeltia fastigiata*, *Antithamnion sparsum*, *Chondrus crispus*, *C. pinnulatus*, *Ceramium condoi*, *Congregatocarpus kurilensis*, *Crossocarpus lamuticus*, *Hideophyllum yezoense*, *Neohypophyllum middendorffii*, *Neorhodomela larix*, *Tichocarpus crinitus*, *Turnerella mertensiana*, *Odonthalia corymbifera*, *Rhodomela teres*, *Polysiphonia morrowii*, *Ptilota asplenioides*, *P. filicina*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 40 м, на клифах, отмостках бенчей, денудационных склонах и равнинах, в условиях сильной и умеренной гидродинамической нагрузки.

Распространение: все морские акватории Дальнего Востока России.

Примечание: Порядок описан по собственным [Дуленин, 2021, 2023, 2024a] и литературным данным [Возжинская, Блинова, 1970; Блинова, 1971, 2014; Перестенко, 1980, 1996б, 1997; Петров, Поздеев, 1992; Иванова и др., 1994; Ключкова, 1996; Чербаджи, Титлянов, 1998; Суховеева, Подкорытова, 2006; Гусарова, 2008, 2010; Евсеева, 2007; Гусарова и др., 2012; Калита, Скрипцова, 2014].

3.3.1. Союз: *Ahnfeltion* nom. prov.

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей рода *Ahnfeltia* E.M. Fries, 1836 Японского и Охотского морей.

Диагностический вид: *Ahnfeltia fastigiata*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 38 м [Суховеева, Подкорытова, 2006], на полузащищенных и защищенных участках с рыхлыми грунтами, при умеренной гидродинамической нагрузке, в олиго- и мезосапробных условиях.

Распространение: Японское море — зал. Петра Великого [Перестенко, 1980; Иванова и др., 1994; Суховеева, Подкорытова, 2006]; Охотское море — зал. Измены о. Кунашир [Иванова и др., 1994; Евсеева, 2007], лагуна Буссе южного Сахалина [Чербаджи, Титлянов, 1998].

Примечание: Союз описан по литературным данным (см. выше).

* Encyclopedia of life. <https://eol.org>.

3.3.1.1. Ассоциация: *Ahnfeltietum fastigiatum* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества неприкрепленных макроводорослей с доминированием *Ahnfeltia fastigiata* Японского и Охотского морей.

Местообитание: Соответствуют таковым для союза.

Распространение: Соответствует таковому для союза.

Примечание: Ассоциация выделена по литературным данным (см. выше).

3.3.2. Союз: *Chondrion* nom. prov.

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей рода *Chondrus* Stackhouse, 1797 Японского и Охотского морей.

Диагностические виды: *Chondrus crispus*, *C. pinnulatus*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 5 м, при сильной и умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных местообитаниях.

Распространение: Японское [Перестенко, 1980] и Охотское [Блинова, 1971] моря.

Примечание: Союз описан по литературным данным (см. выше).

3.3.2.1. Ассоциация: *Chondretum crispae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей Японского моря с доминированием *Chondrus crispus*.

Местообитание: Сублитораль, на глубинах до 9 м, на твердых естественных грунтах, у открытых берегов и во внешних частях бухт и заливов, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Охотское море — северо-восточное побережье [Блинова, 1971].

Примечание: Ассоциация выделена по литературным данным (см. выше).

3.3.2.2. Ассоциация: *Chondretum pinnulatae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Chondrus pinnulatus* Японского моря.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 5 м, на твердых естественных грунтах, у открытых берегов и во внешних частях бухт и заливов, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Японское море — зал. Петра Великого [Перестенко, 1980].

Примечание: Ассоциация выделена по литературным данным (см. выше).

3.3.3. Союз: *Crossocarpion* nom. prov.

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей с доминированием рода *Crossocarpus* Охотского моря.

Диагностический вид: *Crossocarpus lamuticus*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 19 м, на денудационных склонах, при сильной и умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях.

Распространение: северная часть Охотского моря [Блинова, 1971; Перестенко, 1996б].

Примечание: Союз описан по литературным данным (см. выше).

3.3.3.1. Ассоциация: *Crossocarpetum lamuticae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Crossocarpus lamuticus* Охотского моря.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 19 м, на твердых естественных грунтах, у открытых берегов и во внешних частях бухт и заливов, на денудационных склонах, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Охотское море — у северо-восточного побережья [Блинова, 1971], Шантарских островов и в северо-западной части Охотского моря [Перестенко, 1996а].

Примечание: Ассоциация выделена по литературным данным (см. выше).

3.3.4. Союз: *Tichocarpion* nom. prov.

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей рода *Tichocarpus* Охотского моря.

Диагностический вид: *Tichocarpus crinitus*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 10 м, при сильной и умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях.

Распространение: Охотское море [Блинова, 1971].

Примечание: Союз описан по литературным данным (см. выше). Примечания совпадают с таковыми для класса.

3.3.4.1. Ассоциация: *Tichocarpetum crinitae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Tichocarpus crinitus* Охотского моря.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 10 м, на твердых естественных грунтах, у открытых берегов и во внешних частях бухт и заливов, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях при нормальной морской солености.

Распространение: Охотское море — северо-восточная часть, западная Камчатка [Блинова, 1971].

Примечание: Ассоциация выделена по литературным данным (см. выше). Поскольку *Tichocarpus crinitus* является массовым видом [Клочкова, 1996], а его обилие превышает пороги доминирования [Дуленин, 2020], весьма вероятно нахождение ассоциаций вида и в Японском море.

3.3.5. Союз: *Turnerellion* nom. prov.

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей рода *Turnerella* приазиатских умеренных вод Тихого океана.

Диагностический вид: *Turnerella mertensiana*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах 8–40 м, на твердых естественных грунтах, у открытых берегов, в условиях сильной или умеренной гидродинамической нагрузки, в олигосапробных местообитаниях при нормальной морской солености.

Распространение: Японское море — Приморье [Перестенко, 1980; Гусарова, 2010]; Берингово море и Тихий океан — восточная Камчатка [Перестенко, 1997]. Не исключено формирование сообществ союза в Охотском море в сходных экологических условиях.

Примечание: Союз описан по литературным данным (см. выше).

3.3.5.1. Ассоциация: *Turnerelletum mertensianae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Turnerella mertensiana* Японского моря.

Местообитание: Совпадают с таковыми для союза.

Распространение: Совпадает с таковым для союза.

Примечание: Ассоциация выделена по литературным данным (см. выше).

3.3.6. Союз: *Ceramiacion* nov. hoc. loco. Номенклатурный тип ассоциации с первичным описанием опубликован ранее [Дуленин, 2024a].

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей сем. *Ceramiales* Dumortier 1822 Японского и Охотского морей.

Диагностические виды: *Antithamnion sparsum*, *Ceramium kondoi*, *Ptilota filicina*, *Ptilota asplenoides*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 12 м, при сильной и умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях.

Распространение: Японское [Перестенко, 1980; Гусарова, 2008; Гусарова и др., 2012; Дуленин, 2021] и Охотское [Возжинская, Блинова, 1970; Перестенко, 1996а, б] моря.

Примечание: Союз выделен по литературным данным (см. выше).

3.3.6.1. Ассоциация: *Antithamnietum sparsae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Antithamnion sparsum* Японского моря.

Местообитание: Сублитораль на глубинах 10–20 м, на твердых естественных грунтах, у открытых берегов, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Японское море — южное Приморье [Перестенко, 1980].

Примечание: Ассоциация выделена по литературным данным (см. выше).

3.3.6.2. Ассоциация: *Campylaeophoretum kondoe* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Campylaeophora kondoi* Японского моря.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 2 м, на твердых естественных грунтах и на устричниках, на открытых участках и во внешних частях бухт и заливов, при сильной либо умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Японское море — материковое и сахалинское побережья Татарского пролива [Клочкова, 1996], зал. Петра Великого [Гусарова, 2008].

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным. Замечания преимущественно совпадают с таковыми для класса.

3.3.6.3. Ассоциация: *Ptilotetum asplenioidae* Dulenin 2024. Номенклатурный тип ассоциации с первичным описанием опубликован ранее [Дуленин, 2024a].

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Ptilota asplenioides* Японского и Охотского морей.

Местообитание: Сублитораль на глубинах 5–12 м, на твердых естественных грунтах при уклоне дна от незаметного до отвесного, у открытых берегов и во внешних частях бухт и заливов, на клифах, денудационных склонах и равнинах, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Японское море — северо-западная часть Татарского пролива [Дуленин, 2021], Охотское море — западная Камчатка [Возжинская, Блинова, 1970], возможно нахождение ассоциации в северо-западной части Охотского моря [Дуленин, 2023].

Примечание: Ассоциация *Ptilotetum asplenioidae* описана в северо-западной части Японского моря [Дуленин, 2021]. Наибольшего развития растительный покров ассоциации достигает во второй половине лета.

3.3.6.4. Ассоциация: *Ptilotetum filicinae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Ptilota filicina* Японского моря.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 5 м, на твердых естественных грунтах, на клифах и денудационных склонах, во внешних частях бухт и заливов, при умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Японское море — зал. Петра Великого [Перестенко, 1980].

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным (см. выше). Замечания совпадают с таковыми для класса.

3.3.7. Союз: *Delesseriacion* nom. prov.

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей сем. Delesseriaceae Bory 1828 Японского и Охотского морей.

Диагностические виды: *Congregatocarpus kurilensis*, *Hideophyllum yezoense*, *Neohypophyllum middendorffii*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 13 м, на денудационных склонах и склонах подводных скалистых гребней, при сильной и умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях.

Распространение: Японское [Петров, Поздеев, 1992] и Охотское [Перестенко, 1996а, б] моря.

Примечание: Союз выделен по литературным данным (см. выше).

3.3.7.1. Ассоциация: *Congregatocarpetum kurilensae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей Японского моря с доминированием *Congregatocarpus kurilensis*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах 7–13 м, на твердых естественных грунтах, на склонах подводных скалистых гребней, у открытых берегов, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Японское море — юго-западный Сахалин [Петров, Поздеев, 1992], северо-западная часть Татарского пролива у мыса Красный Партизан.

Примечание: Ассоциация выделена по литературным и собственным данным. Было описано два фитоценоза с доминированием *Congregatocarpus kurilensis* [Петров, Поздеев, 1992]. В северо-западной части Японского моря также было отмечено 2 фитоценоза с доминированием вида (Дуленин, неопubl. данные). Суммирование этих данных позволило провизорно описать ассоциацию.

3.3.7.2. Ассоциация: *Neohypophylletum middendorfae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей Охотского моря с доминированием *Neohypophyllum middendorffii*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах 5–6 м, на твердых естественных грунтах, на денудационных склонах, у открытых берегов, при сильной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Охотское море: северо-западная часть Охотского моря, восточный Сахалин [Перестенко, 1996а].

Примечание: Ассоциация выделена по литературным данным (см. выше).

3.3.7.3. Ассоциация: *Hideophylletum yezoensae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей Берингова моря с доминированием *Hideophyllum yezoense*.

Местообитание: Сублитораль на глубинах 8–15 м, на твердых естественных грунтах, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Берингово море: восточная Камчатка [Перестенко, 1997].

Примечание: Ассоциация выделена по литературным данным (см. выше).

3.3.8. Союз: *Rhodomelacion* nov. hoc loco. В качестве номенклатурного типа союза использован номенклатурный тип асс. *Odonthalietum corymbiferae* Dulenin 2024 с первичным описанием, опубликованным ранее [Дуленин, 2024а].

Характеристика: Морские сообщества макроводорослей сем. Rhodomelaceae Японского моря.

Диагностические виды: *Neorhodomela larix*, *Odonthalia corymbifera*, *Rhodomela teres*, *Polysiphonia morrowii*.

Местообитание: Литораль и сублитораль до глубин 12 м, на отмостках бенчей, денудационных склонах и равнинах, при сильной и умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях.

Распространение: Японское море [Перестенко, 1980; Ключкова, 1996; Дуленин, 2021].

Примечание: Союз выделен по литературным [Перестенко, 1980; Ключкова, 1996] и собственным [Дуленин, 2021] данным.

3.3.8.1. Ассоциация: *Neorhodomeletum larixae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные и литоральные сообщества макроводорослей с доминированием *Neorhodomela larix* Японского моря.

Местообитание: Литораль и сублитораль до глубины 12 м, на твердых естественных грунтах, на отмостках бенчей, у открытых берегов, при сильной или умеренной

гидродинамической нагрузке, в олигосапробных местообитаниях, при нормальной морской солености.

Распространение: Японское море — в северо-западной части Японского моря и у западного Сахалина [Клочкова, 1996]. Вероятно нахождение ассоциации в северном Приморье.

Примечание: Наибольшего развития растительный покров ассоциации достигает во второй половине лета.

3.3.8.2. Ассоциация: *Odonthalietum corymbiferae* Dulenin 2024. Номенклатурный тип ассоциации с первичным описанием опубликован ранее [Дуленин, 2024a].

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Odonthalia corymbifera* Японского моря.

Местообитание: Сублитораль на глубинах 4–10 м, на твердых естественных грунтах, при уклоне от незаметного до слабого, на отмостках бенчей, денудационных склонах и равнинах, у открытых побережий и во внешних частях бухт и заливов, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености. Наибольшего развития растительный покров ассоциации достигает во второй половине лета.

Распространение: Японское море — в зал. Петра Великого [Перестенко, 1980], северо-западной части Японского моря [Дуленин, 2021, 2024a], у западного Сахалина [Петров, Поздеев, 1992] и южных Курильских островов [Гусарова, 1975].

Примечание: Ассоциация *Odonthalietum corymbiferae* описана в северо-западной части Японского моря [Дуленин, 2024a].

3.3.8.3. Ассоциация: *Rhodomeletum teresae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Rhodomela teres* Японского моря.

Местообитание: Сублитораль на глубинах до 5 м на твердых естественных грунтах, во внешних частях бухт и заливов, при сильной или умеренной гидродинамической нагрузке, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Японское море — зал. Петра Великого [Перестенко, 1980].

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным (см. выше). Замечания преимущественно совпадают с таковыми для класса.

3.3.8.4. Ассоциация: *Polysiphonietum morrowae* nom. prov.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества макроводорослей с доминированием *Polysiphonia morrowii* Японского моря.

Местообитание: Сублитораль, на глубинах 1–3 м, на твердых естественных грунтах, у открытых побережий, в олигосапробных условиях, при нормальной морской солености.

Распространение: Японское море — зал. Петра Великого [Калита, Скрипцова, 2014].

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным (см. выше).

4. Класс: *Zosteretea* Pignatti 1953.

Характеристика: Растительность подводных морских лугов умеренных вод, сложенная представителями сем. *Zosteraceae* Dumortier.

Диагностические виды: *Nanozostera japonica* (Ascherson et Graebner) Tomlinson et Posluszny 2001, *Zostera asiatica* Miki 1932, *Z. marina* Linnaeus 1753.

Местообитание: Литораль и сублитораль до глубины 15 м, на песчаных и илистых грунтах аккумуляционных склонов и равнин, в морских и солоноватых водах, у открытых побережий, бухт и заливов, при слабой, при умеренной и сильной гидродинамической нагрузке, в мезо- и олигосапробных условиях.

Распространение: Все морские акватории Дальнего Востока России и приазиатской части бореальной зоны Тихого океана.

Примечание: Подводные луга зостер распространены в морских водах обоих полушарий Земли [den Hartog, 2016]. Класс *Zosteretea* Pignatti 1953 первоначально вы-

делен для европейских вод по флористическим критериям. В состав диагностических видов синтаксона могут быть включены новые доминантные виды сем. *Zosteraceae*. Для описания дальневосточных сообществ использованы данные, полученные в северо-западных частях Японского и Охотского морей [Дуленин, 2021, 2023, 2024a].

4.1. Порядок: *Zosteretalia* Beguinot ex Pignatti 1953.

Характеристика: Растительность лугов морских трав сем. *Zosteraceae* умеренных вод.

Диагностические виды: Совпадают с таковыми для класса.

Местообитание: Литораль и сублитораль на глубинах до 15 м, на рыхлых грунтах аккумуляционных склонов и равнин с незаметным или слабым уклоном дна, у открытых побережий, а также во внешних и кутовых частях бухт и заливов, при сильной, умеренной и слабой гидродинамической нагрузке, в олиго-, мезо- и полисапробных местообитаниях, при солености от 9 ‰ до нормальной морской.

Распространение: Все морские акватории Дальнего Востока России и приазиатской части бореальной зоны Тихого океана.

Примечание: Совпадают с таковыми для класса.

4.1.1. Союз: *Zosterion* Christiansen 1934 in den Hartog 2016.

Характеристика: Растительность многолетних морских лугов, образованных представителями рода *Zostera* Linnaeus, 1753 умеренных вод северного полушария и местами, вод Северного Ледовитого океана [den Hartog, 2016].

Диагностические виды: Совпадают с таковыми для класса.

Местообитание: Илистая, илесто-песчаная и песчаная верхняя и средняя сублитораль аккумуляционных склонов и равнин, при незаметном либо слабом уклоне дна, с соленостью вод от 9 до 35 ‰, при умеренной или слабой гидродинамической нагрузке, у открытых, полузащищенных побережий и в кутовых частях бухт и заливов, в олиго-мезо- и полисапробных условиях. Наибольшего развития растительный покров союза достигает во второй половине лета.

Распространение: Совпадает с таковым для порядка.

Примечание: Совпадают с таковыми для класса.

4.1.1.1. Ассоциация: *Zosteretum marinae* [Van Goor 1921] Harmsen 1936.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества цветкового растения взморника морского *Zostera marina* умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Местообитание: Илистая, илесто-песчаная и песчаная верхняя и средняя сублитораль — аккумуляционные склоны и равнины от тропиков до арктических районов с соленостью вод от 9 до 35 ‰. Условия умеренной или слабой гидродинамической нагрузки, в кутовых частях бухт и заливов, при незаметном либо слабом уклоне дна, в олиго-, мезо- и полисапробных условиях. Наибольшего развития растительный покров ассоциации достигает во второй половине лета.

Распространение: В Японском море — материковое побережье [Дуленин, 2024a], зал. Петра Великого [Скарлато и др., 1967; Перестенко, 1980; Фадеев, 1980; Дуленин, 2021, 2024a], западный Сахалин [Петров, Поздеев, 1992]. В Охотском море — мелководные участки заливов северо-западного материкового побережья [Дуленин, 2023], северной части Охотского моря и западной Камчатки [Блинова, 1971], южных Курильских островов [Евсеева, 2007]. В Беринговом море и Тихом океане — восточное побережье Камчатки [Перестенко, 1997]. У американских берегов Берингова моря, включая Берингов пролив и ближайшие к Командорским Алеутские острова [McRoy, 1968], поселения zostеры морской отмечены на множестве участков. Вероятно нахождение ассоциации у материковых побережий Берингова моря (на Чукотке) и на Командорских островах.

Кроме того, сообщества zostеры морской формируются в морях и океанах Северного полушария Земли за исключением Индийского океана [Gundersen et al., 2016]. В России, помимо Дальнего Востока, эти сообщества присутствуют в Белом [Вехов, 1992, по: Блинова, 2007], Балтийском [Кукк, 1978], Баренцевом [Голуб, Соколов, 1998], Каспийском [Голуб, Соколов, 1998], Черном морях [Калугина-Гутник, 1975].

Примечание: Ассоциация *Zosteretum marinae* (Van Goor 1921) Harmsen 1936 была описана для европейских морей умеренного пояса [Mucina et al., 2016].

4.1.1.2. Ассоциация: *Zosteretum asiaticae* Ohba et Miyata 2007 in den Hartog 2016.

Характеристика: Сублиторальные сообщества цветкового растения взморника азиатского *Zostera asiatica* умеренных вод приазиатской части Тихого океана.

Местообитание: Морские воды, сублитораль до глубины как минимум 15 м, на рыхлых (песчаных и илистых) грунтах, при уклоне дна от незаметного до слабого, т.е. на аккумуляционных склонах и равнинах, у открытых побережий, во внешних и кутовых частях бухт и заливов, при слабой, умеренной и сильной гидродинамической нагрузке, в олиго-, мезо- и полисапробных условиях. Наибольшего развития растительный покров ассоциации достигает во второй половине лета.

Распространение: Южная часть Охотского, Японское и северная часть Желтого моря*. В России: Японское море — зал. Петра Великого [Скарлато и др., 1967; Перестенко, 1980; Фадеев, 1980; Гусарова и др., 2012], западная часть Татарского пролива [Дуленин, 2021], западный Сахалин [Суховеева, Подкорытова, 2006]; Охотское море — восточный Сахалин [Суховеева, Подкорытова, 2006] и южные Курильские острова [Евсеева, 2007].

Примечание: на Дальнем Востоке России ассоциация описана по северо-западной части Японского моря [Дуленин, 2021].

4.2.2. Союз: *Nanozosterion* den Hartog 2003.

История синтаксономии: den Hartog [2016] указал, что впервые этот синтаксон был описан как Formation der Zwergseeegräser Schimper 1935. Такое название не соответствует требованиям МКФН и невалидно. Далее была предложена номенклатурная комбинация *Zosterion noltiijaponicae* (*Zosterellion*) Ohba & Sugawara 1981. Ден Хартог отмечает, что «хотя последнее название было разработано строго в соответствии с МКФН, оно недействительно, поскольку связывает два вида, которые никогда не встречались вместе в естественной среде», предложив взамен *Nanozosterion* den Hartog 2003 [den Hartog, 2016]. Однако Муцина с соавторами [Mucina et al., 2016] указали, что эта комбинация не имеет достаточного диагноза и поэтому опубликована невалидно. Тем не менее, они, считая предложенный ден Хартогом концепт синтаксона убедительным, предложили диагноз *Nanozosterion noltii* den Hartog ex Mucina et al. 2016. Одновременно ден Хартог [den Hartog, 2016], обоснованно возражая против ненужного использования видовых названий при создании названия нового высшего синтаксона, дал диагноз своего синтаксона *Nanozosterion* den Hartog 2003. Поскольку диагноз предложенного им синтаксона более подробный и содержит сведения о сообществах разных видов, не только европейских, но и азиатских, в настоящей работе используется номенклатурная комбинация ден Хартога, как наиболее экологически и синтаксономически обоснованная.

Характеристика: Растительность морских лугов, образованных представителями рода *Nanozostera* Tomlinson et Posluszny 2001 в водах Евразии.

Диагностические виды: *Nanozostera japonica*.

Местообитание: Илистая, илесто-песчаная и песчаная литораль и верхняя сублитораль аккумуляционных склонов и равнин до глубины 6 м, при умеренной или слабой гидродинамической нагрузке в бухтах и заливах.

Распространение: От умеренных до субтропических вод Евразии [по: den Hartog, 2016]. На Дальнем Востоке России — Японское море: зал. Петра Великого [Гусарова, 2008]; Охотское море — южные Курильские острова [Евсеева, 2007].

Примечание: На Дальнем Востоке России сообщества образует только *Nanozostera japonica*, указанная здесь в качестве диагностического вида. *N. noltei* формирует подводные луга в европейских водах.

* Plants of the World Online. 2025. <https://powo.science.kew.org/taxon>.

4.2.2.1. Ассоциация: *Nanozosteretum japonicae* nom. prov.

Характеристика: Сообщества сублиторальной каймы цветкового растения взморника японского *Nanozostera japonica* Японского и Охотского морей.

Местообитание: Морские воды, сублиторальная кайма до глубины 0,5 м, на рыхлых грунтах аккумуляционных склонов и равнин.

Распространение: Совпадает с таковым для союза.

Примечание: Ассоциация описана по литературным данным (см. выше).

5. Класс: *Phyllospadicetea* den Hartog 1977*.

Характеристика: Растительность подводных морских лугов на галечных и валунных субстратах умеренной зоны северной Пацифики с доминированием представителей рода *Phyllospadix*.

Диагностические виды: *Phyllospadix iwatensis* Makino 1931, *Phyllospadix japonicus* Makino, *Phyllospadix scouleri* W.J. Hooker, *Phyllospadix serrulatus* Ruprecht ex Ascherson, *Phyllospadix torreyi* S. Watson.

Местообитание: Галечные, валунные и скалистые грунты литорали и сублиторали, преимущественно отмостки бенчей на глубинах до 10 м.

Распространение: Северная Пацифика [den Hartog, 2016; Plants..., 2025**].

Примечание: Для диагностических видов класса в различных районах северной Пацифики имеются их адаптивные зоны. Однако описание ассоциаций, распространенных за пределами дальневосточных морей России не входит в задачи настоящей работы.

5.1. Порядок: *Phyllospadicetalia* den Hartog 1977.

Характеристика: Совпадает с таковой для класса.

Диагностические виды: Совпадают с таковыми для класса.

Местообитание: Совпадают с таковыми для класса.

Распространение: Совпадает с таковым для класса.

5.1.1. Союз: *Phyllospadicion* den Hartog 1977 in den Hartog 2016.

Характеристика: Совпадает с таковой для класса.

Диагностические виды: Совпадают с таковыми для класса.

Местообитание: Совпадают с таковыми для класса.

Распространение: Совпадает с таковым для класса.

5.1.1.1. Ассоциация: *Phyllospadicetum iwatensis* den Hartog 1977 in den Hartog 2016.

Характеристика: Морские сублиторальные сообщества цветкового растения филлоспадикса иватенского.

Местообитание: Сублитораль с валунными и крупногалечными грунтами на глубинах до 10 м при незаметном либо слабом уклоне дна, у открытых побережий, а также во внешних частях бухт и заливов, на отмостках бенчей, в условиях сильной или умеренной гидродинамической нагрузки, в олигосапробных местообитаниях при нормальной морской солености.

Распространение: Японское море — зал. Петра Великого [Скарлато и др., 1967; Перестенко, 1980], южное Приморье [Фадеев, 1980], зал. Владимира [Кулепанов, Иванова, 2006], материковая часть Татарского пролива [Дуленин, 2021], западный Сахалин [Петров, Поздеев, 1992]. Кроме того, ассоциация распространена в морях Тихого океана у побережий Японии, Корейского полуострова, Китая и американских побережий от Аляски до Калифорнии**.

Примечание: Ассоциация описана у северо-западной части Японского моря. Наибольшего развития растительный покров ассоциации достигает во второй половине лета.

* В соответствии с предложенной автором схемой выделения синтаксонов, сообществам филлоспадикса следовало бы присвоить ранг союза и поместить их в класс *Zosteretea*. Однако den Hartog [2016], ранее выделивший синтаксоны сообществ морских трав рода *Phyllospadix*, предложил иную синтаксономию, которой автор придерживается в настоящей работе.

** Plants of the World Online. 2025. <https://powo.science.kew.org/taxon>.

Общая синтаксономическая структура сублиторальной растительности
морей Дальнего Востока России

Предложенный продромус содержит характеристики 5 классов, 9 порядков, 33 союзов и 66 ассоциаций сублиторальной растительности Дальнего Востока России. Всего он включает 113 синтаксонов разного ранга (табл. 1). Географическое распределение ассоциаций в разных районах дальневосточных морей показано ранее [Дуленин, 2025a].

Количество синтаксонов растительности сублиторали дальневосточных морей России
Table 1

Number of sublittoral vegetation syntaxa in the Russian Far Eastern seas

Синтаксон	Ulvophyceae	Phaeophyceae	Rhodophyta	Zosteraceae	Всего
Класс	1	1	1	2	5
Порядок	1	3	3	2	9
Союз	1	18	11	3	33
Ассоциация	3	33	26	4	66
Всего синтаксонов	6	55	41	11	113

Из перечисленных синтаксонов 48 ассоциаций (73 % их числа), 19 союзов (58 %) и 2 порядка (22 %) описаны провизорно, по литературным данным и отчасти — по личным наблюдениям. По сути дела, провизорные описания синтаксонов представляют собой «дорожную карту» для изучения пробелов в характеристиках растительности дальневосточных морей. Некоторые из них могут быть подробно описаны уже в ближайшие годы (например, союзы *Hildenbrandion* и *Tichocarpion* со своими ассоциациями, ассоциации *Corallinetum piluliferae* и *C. officinaliae*). Другие (например, союз *Corallinion crustae*) требуют трудоемких сборов и обработки, либо (например, союзы *Hedophylletum* и *Cymatheretum*) организации экспедиций в отдаленные районы, и вряд ли будут скоро выполнены.

Рассмотрим состав отдельных классов растительности. Наиболее бедны по количеству в сублиторали дальневосточных морей России сообщества зеленых водорослей: в составе класса *Ulvophycetea* выделен единственный порядок с одним подчиненным союзом и тремя ассоциациями (табл. 2). В ходе дальнейших исследований некоторые сообщества зеленых водорослей еще могут быть описаны. Например, по данным автора, в северо-западной части Японского моря возможно формирование сообществ с доминированием *Codium fragile* (Suringar) Hariot 1889, хотя имеющихся материалов пока недостаточно для описания ассоциаций. По-видимому, класс может быть дополнен в случае описания сообществ с доминированием водорослей родов *Acrosiphonia* J. Agardh, *Cladophora* Kützinger, *Chaetomorpha* Kützinger [Клочкова, 1996; Клочкова и др., 2009] и, вероятно, других обитателей мелководий. Однако, например, в северо-западной части Японского моря частота встречаемости асс. *Ulvetum fenestratae* составила 1 % [Дуленин, 2021], а в северо-западной части Охотского моря ежегодно фитоценозы этой ассоциации встречаются лишь единично. Ясно, что сообщества зеленых водорослей не занимают существенных площадей дна и, следовательно, не играют значительной роли в сложении растительности ни в каких регионах Дальнего Востока России. В некоторой степени это указывает на общее экологическое благополучие (иными словами, близкое к нативному состояние) прибрежных морских акваторий, поскольку массовое развитие зеленых водорослей может наблюдаться в экологически неблагополучных, эвтрофицированных и нарушенных местообитаниях [Клочкова, Березовская, 2001].

Синтаксономический состав следующего класса *Phaeophycetea* (табл. 3), напротив, наиболее богат и включает 3 порядка, 18 союзов и 33 ассоциации. Растительность класса ожидаемо преобладает в дальневосточных морях, как и в других умеренных морских районах [Araújo et al., 2016; Gundersen et al., 2016; Kvile et al., 2022]: например, в северо-западной части Японского моря сообществами бурых водорослей

Таблица 2

Синтаксономия сообществ зеленых макроводорослей класса *Ulvophycetea* (3 ассоциации) сублиторали дальневосточных морей России

Table 2

Syntaxonomy of green macroalgae assemblages of the class *Ulvophycetea* (3 associations) in the sublittoral zone of the Russian Far Eastern seas

Порядок/число ассоциаций	Союз/число ассоциаций	Ассоциации
<i>Ulvetalia</i> /3	<i>Ulvion</i> /3	<i>Ulvetum clathratae</i> <i>Ulvetum fenestratae</i> <i>Ulvetum linzae</i>

занято 43 % площади дна, а в северо-западной части Охотского — соответственно 73 %. Первый порядок *Phaeophycetalia mesoalgosae* — сообщества бурых водорослей II яруса, второй *Laminaretalia* — сообщества ламинариевых водорослей I яруса, и третий *Sargassetalia* — сообщества саргассовых водорослей I яруса. Самый богатый порядок — *Laminaretalia*, который включает более ¾ ассоциаций класса. По данным автора, представители этого порядка формируют сообщества на 33 % площади дна в северо-западной части Японского моря и на 52 % — в северо-западной части Охотского. Два наиболее богатых ассоциациями союза вполне ожидаемы: *Laminarion* и *Saccharinion*. Вместе они формируют 9 ассоциаций растительности. Собственно, именно сахарины и ламинарии в наибольшей степени определяют облик растительности (т.е. ее общий внешний вид, определяемый доминантами) для дальневосточных морей России. Гораздо беднее по количеству подчиненных синтаксонов порядок *Sargassetalia*. Это вполне объяснимо, учитывая, что по мере продвижения с юга на север, саргассовые водоросли играют все меньшую роль в структуре растительности. Так, у берегов Японии поселения саргассумов широко распространены [Toshinobu et al., 2002], а на гидробиотических профилях количественно преобладали 5 их видов [по: Taniguti, 1962]. Однако уже в российской части Японского моря обнаружены ассоциации трех видов, в российской части Охотского моря отмечены ассоциации только одного вида, а в Беринговом море сообщества саргассовых водорослей не обнаружены. Аналогичная ситуация складывается и в бассейне Атлантического океана: в южных морях преобладают сообщества саргассовых водорослей [Калугина-Гутник, 1975; Sales, 2010], а в северных — ламинариевых [Возжинская, 1986; Kvile et al., 2022].

Второй по количеству синтаксонов класс растительности — *Rhodophytea* (табл. 4), насчитывающий 26 ассоциаций. Внутри класса, на основе подхода, использовавшегося ранее [Петров, Поздеев, 1992], выделено 3 порядка, в которые объединены водоросли различных жизненных форм, формирующие разные ярусы растительности: *Rhodophytalia mesoalgosae* — сообщества кустистых водорослей II яруса, *Corallinetalia articulatae* — сообщества членистых известковых водорослей III яруса и *Rhodophytalia crustae* — сообщества корковых водорослей IV яруса. В данном случае синтаксоны выделены по экологическому принципу. Фактически сообщества, формирующие эти синтаксоны, представляют собой АЗ соответствующих жизненных форм и их групп.

Порядок *Corallinetalia articulatae*, включающий единственный союз и 3 ассоциации, наиболее беден, хотя сообщества членистых кораллиновых водорослей и занимают большие площади дна, особенно на значительных глубинах. Порядок *Rhodophytalia crustae* более богат: он содержит 2 союза и 6 ассоциаций. Союз *Corallinion crustae* включает 5 ассоциаций корковых известковых водорослей. Очевидно, что при целенаправленном изучении таких сообществ количество их ассоциаций может быть значительно увеличено. Например, в северо-западной части Японского моря автор отмечал сообщества с доминированием *Clathromorphum circumscriptum* (Strömfelt) Foslie 1898, количественных данных по которым в настоящее время недостаточно для описания соответствующей ассоциации. Поселения корковых известковых водорослей часто располагаются на глубинах более 20 м, где, как правило, не проводится водолазных

Таблица 3

Синтаксономия сообществ бурых макроводорослей класса *Phaeophycetea* (33 ассоциации) сублиторали дальневосточных морей России

Table 3

Syntaxonomy of brown macroalgae assemblages of the class *Phaeophycetea* (33 associations) in the sublittoral zone of the Far Eastern seas of Russia

Порядок/число ассоциаций	Союз/число ассоциаций	Ассоциация
<i>Phaeophycetalia mesoalgosae</i> /8	<i>Chordacion</i> /1	<i>Chordetum asiaticae</i>
	<i>Chordarion</i> /2	<i>Chordarietum flagelliformae</i> <i>Dictyosiphonetum foeniculaceae</i>
	<i>Ectocarpion</i> /1	<i>Ectocarpetum siliculosae</i>
	<i>Punctarion</i> /1	<i>Punctarietum plantagineae</i>
	<i>Scytosiphonion</i> /1	<i>Scytosiphonetum lomentariae</i>
	<i>Desmarestion</i> /2	<i>Desmarestetum aculetae</i> <i>Desmarestetum viridae</i>
<i>Laminaretalia</i> /23	<i>Agarion</i> /2	<i>Agaretum clathratae</i> <i>Thalassiphyllletum clathrae</i>
	<i>Alarion</i> /2	<i>Alarietum esculentae</i> <i>Eularietum fistulosae</i>
	<i>Arthrotamnion</i> /2	<i>Arthrotamnietum bifidae</i> <i>Arthrotamnietum kurilensae</i>
	<i>Costarion</i> /1	<i>Costarietum costatae</i>
	<i>Cymatherion</i> /2	<i>Cymatheretum fibrosae</i> <i>Cymatheretum triplicatae</i>
	<i>Hedophyllion</i> /2	<i>Hedophylletum bongardiana</i> <i>Hedophylletum dentigeriae</i>
	<i>Kjellmaniellion</i> /1	<i>Kjellmaniellietum crassifoliae</i>
	<i>Pseudolessonion</i> /1	<i>Pseudolessonietum laminarioidae</i>
	<i>Laminarion</i> /4	<i>Laminarietum appressirhizae</i> <i>Laminarietum inclinatorhizae</i> <i>Laminarietum longipae</i> <i>Laminarietum yezoensae</i>
	<i>Saccharinion</i> /5	<i>Saccharinetum angustae</i> <i>Saccharinetum cichorioidae</i> <i>Saccharinetum japonicae</i> <i>Saccharinetum kurilensae</i> <i>Saccharinetum latissimae</i>
<i>Sargassetalia</i> /3	<i>Sargassion</i> /2	<i>Sargassetum miyabeae</i> <i>Sargassetum pallidae</i>
	<i>Stephanocystion</i> /1	<i>Stephanocystetum crassipae</i>

съемок. Вследствие этого данные с таких глубин обычно ограничиваются съемками с подводных роботов. Качество получаемых таким способом материалов позволяет зафиксировать наличие сообществ, принадлежащих к этому союзу, но в большинстве случаев не дает возможности отнести сообщество к определенной ассоциации. Кроме того, порядок включает союз *Hildenbrandion*, содержащий единственную ассоциацию красных кожистых корковых водорослей *Hildenbrandietum rubrae*. Самый богатый порядок класса — *Rhodophytalia mesoalgosae*, содержащий легко наблюдаемые и неплохо визуально опознаваемые сообщества наиболее массовых кустистых и пластинчатых красных водорослей II яруса. Его союзы содержат от одной до 4 ассоциаций.

Четвертый класс — *Zosteretea*, представляет собой растительность морских трав мягких грунтов (табл. 5). Он беден по составу и включает 1 порядок, 2 союза и 3 ассоциации. В союз *Zosterion* объединены ассоциации, сформированные представителями рода *Zostera*, образующие I ярус растительности, а в союз *Nanozosterion* включена

Таблица 4

Синтаксономия сообществ красных макроводорослей класса *Rhodophytea* (26 ассоциаций) сублиторали дальневосточных морей России

Table 4

Syntaxonomy of red macroalgae sublittoral assemblages of the class *Rhodophytea* (26 associations) in the in the sublittoral zone of the Far Eastern seas of Russia

Порядок/число ассоциаций	Союз/число ассоциаций	Ассоциация
<i>Corallinetalia articulatae</i> /3	<i>Corallinion articulatae</i> /3	<i>Bossielletum compressae</i> <i>Corallinetum piluliferae</i> <i>Corallinetum officinaliae</i>
<i>Rhodophytalia crustae</i> /6	<i>Corallinion crustae</i> /5	<i>Boreolithotamnietum sonderae</i> <i>Clathromorphetum loculosae</i> <i>Clathromorphetum nereostratae</i> <i>Melyvonnetum erubescensae</i> <i>Neopolyporolithetum arcticae</i>
	<i>Hildenbrandion</i> /1	<i>Hildenbrandietum rubrae</i>
<i>Rhodophytalia mesoalgosae</i> /17	<i>Ahnfeltion</i> /1	<i>Ahnfeltietum fastigiatae</i>
	<i>Chondrion</i> /2	<i>Chondretum crispae</i> <i>Chondretum pinnulatae</i>
	<i>Crossocarpion</i> /1	<i>Crossocarpetum lamuticae</i>
	<i>Tichocarpion</i> /1	<i>Tichocarpetum crinitae</i>
	<i>Turnerellion</i> /1	<i>Turnerelletum mertensianae</i>
	<i>Ceramiacion</i> /4	<i>Antithamnietum sparsae</i> <i>Campilaephoretum kondoe</i> <i>Ptilotetum asplenioideae</i> <i>Ptilotetum filicinae</i>
	<i>Delesseriacion</i> /3	<i>Congregatocarpetum kurilensae</i> <i>Neohypophylletum middendorfae</i> <i>Hideophylletum yezoensae</i>
	<i>Rhodomelacion</i> /4	<i>Neorhodomeletum larixae</i> <i>Odonthalietum corymbiferae</i> <i>Odonthalietum teresae</i> <i>Polysiphonietum morrowae</i>

ассоциация *Nanozosteretum japonicae*, относящаяся ко II ярусу. Как и в случае с саргасовыми водорослями, количество сообществ класса уменьшается с юга север. У берегов Японии подводные луга морских трав могут образовывать от 3 до 7 видов в разных районах [Miki, 2011; Kirihaara et al., 2013], однако их описание не входит в задачи этой работы. В южном Приморье отмечено 3 ассоциации: *Zosteretum asiaticae*, *Zosteretum marinae*, *Nanozosteretum japonicae*. В северной части Японского моря отмечаются уже только две ассоциации: *Zosteretum asiaticae*, *Zosteretum marinae*. В северных же Беринговом и Охотском морях может быть обнаружена лишь ассоциация *Zosteretum marinae*. При этом у материковых побережий Охотского моря луга zostеры морской отмечаются лишь на единичных участках [Белый, 2011; Дуленин, 2015]. Такая же закономерность наблюдается и на западе Евразии: в Черном море имеются сообщества *Zostera marina* и *Nanozostera noltii* [Афанасьев и др., 2012], а в Белом, Баренцевом и Балтийском морях формируются только сообщества с доминированием *Zostera marina* [Кук, 1978; Вехов, 1992, по: Блинова, 2007; Голуб, Соколов, 1998]. Впрочем, поскольку вообще в европейских морях состав сообществ морских трав сем. *Zosteraceae* беден и ограничивается этими двумя видами, ясно, что для Европы показанную закономерность можно отследить более грубо.

Пятый класс — *Phyllospadicetum* — растительность морских трав жестких грунтов. В морях российского Дальнего Востока в классе представлена единственная ассоциация *Phyllospadicetum iwataensis* из южных районов Дальнего Востока.

Таблица 5

Синтаксономия сообществ морских трав класса *Zosteretea* (3 ассоциации)
сублиторали дальневосточных морей России
Table 5

Syntaxonomy of seagrass communities of the class *Zosteretea* (3 associations)
in the sublittoral zone of the Far Eastern seas of Russia

Порядок/число ассоциаций	Союз/число ассоциаций	Ассоциация
<i>Zosteretalia</i> /3	<i>Zosterion</i> /2	<i>Zosteretum marinae</i> <i>Zosteretum asiaticae</i>
	<i>Nanozosterion</i> /1	<i>Nanozosteretum japonicae</i>

В качестве общих методологических замечаний по итогам выполненной работы нужно отметить следующее. Идея встраивания сообществ, выделенных на основе доминантного подхода в систему флористической синтаксономии, не нова. Так, в наземной растительности, по данным В.И. Василевича [2010], около 5/6 ассоциаций выделено по доминантам, которые выступают единственными характерными видами ассоциаций. Очевидно, это связано с широким распространением флористической классификации растительности в настоящее время. Таким образом, использованный подход распространен и вполне продуктивен. Встраивание синтаксонов, выделенных по доминантам, на основе концепции АЗ, в систему флористической синтаксономии имеет важное практическое преимущество по сравнению с выделением «флористических» синтаксонов, поскольку решает известную проблему их субъективности [Миркин, Наумова, 2012]. Действительно, объем каждой ассоциации при использованном подходе однозначно определяется ее единственным диагностическим видом — главным доминантом, а объемы высших синтаксонов соответствуют высшим таксонам либо вполне очевидным экологическим группам — ярусам растительности или ее жизненным формам. Это устраняет неопределенности при классификации, связанные с возможным субъективизмом авторов. Таким образом, еще одним следствием применения концепции АЗ оказывается тот факт, что исчезает объективная необходимость в формировании консенсуса мнений исследователей по вопросу выделения каждого синтаксона, как это практикуется во флористической традиции [Миркин, Наумова, 2012]. Указанные обстоятельства не только радикально упрощают классификацию, но и делают ее результаты проверяемыми и воспроизводимыми. Главное же практическое преимущество заключается в том, что синтаксоны соответствуют АЗ разного ранга, объективно существующим в природе.

Поскольку определение АЗ, предложенное И.В. Волвенко [2018], подразумевает формирование адаптивных зон не только для видов, но и для высших таксонов, оно дает собственно экологическое основание для синтаксономической классификации растительности. В этом случае АЗ высшего таксона будет показывать распространение сообществ соответствующего ему синтаксона. Мы наблюдаем в природе, как широкая адаптивная зона растительности вследствие морфологических адаптаций организмов расходится на пояса и участки более узких зон высших таксонов и отдельных видов: например, зона бурых водорослей расходится на более узкие зоны саргассовых и ламинариевых, внутри зоны ламинариевых формируется зона сахарин, внутри которой, наконец, образуются зоны отдельных видов, различающиеся по условиям своего формирования. Несмотря на то что естественная синтаксономическая классификация растительности — недостижимый на практике идеал, к которому можно лишь приближаться [Миркин и др., 1989], концепция АЗ представляется методологическим инструментом, который в наибольшей степени обеспечивает такое приближение. Вполне очевидно, что использованный подход применим и к классификации морской растительности с выраженным доминированием в других регионах умеренных и высоких широт.

Использованный подход соответствует принципу редукционизма [Миркин, Наумова, 2012], когда множество описаний сводится к разумному минимуму классификационных единиц. В результате продромус получается максимально компактным и

информативным, а избыточные и неоднозначные классификационные построения исключаются. Сведение количества классификационных единиц к минимуму используют и в рамках флористической методологии классификации донной морской растительности [Афанасьев и др., 2012].

В классической геоботанике существует проблема опознания ранее выделенных сообществ [Разумовский, 2011], когда геоботаник не может идентифицировать уже описанное сообщество непосредственно на местности. Редукционистский подход на основе концепции АЗ решает эту проблему, обеспечивая уверенное опознание сообществ либо по результатам визуальных наблюдений, либо по данным инструментального отбора проб со дна. Практика показывает, что наблюдатели различной квалификации — от ученых-альгологов до водолазов — вполне однозначно относят произвольные участки растительности к соответствующим сообществам, опознавая (по аналогии с наземными сообществами — дубняками, ельниками и т.п.) «алярники», «сахаринники», «зостерники» и т.д. Даже визуально, без отбора проб со дна опознаются 89 % ассоциаций верхнего яруса [Дуленин, 2025б]. Эти обстоятельства обеспечивают проверяемость и воспроизводимость полученных описаний. Поэтому продромус (особенно снабженный соответствующими иллюстрациями) вполне можно использовать в качестве гида для определения сообществ разного ранга непосредственно в море.

Выводы

Пояс сублиторальной растительности представляет собой многоуровневую мозаику адаптивных зон с доминированием представителей систематических и экологических групп разного ранга, что дает естественное экологическое основание для иерархической классификации сублиторальной растительности. Для дальневосточных морей такая классификация выполнена впервые.

Продромус растительности региона в настоящее время включает 113 синтаксонов: 66 ассоциаций, 33 союза, 9 порядков и 5 классов. Ожидается, что он будет дополняться по результатам дальнейших исследований.

Использованный подход к классификации растительности позволяет свести количество сообществ к разумному минимуму, устраняет субъективность в их выделении, позволяет добиться максимального приближения полученной системы синтаксонов к естественной классификации, и, наконец, обеспечивает возможность однозначного опознания сообществ разного ранга.

Полученные результаты показывают применимость использованного подхода для классификации морской растительности других регионов, по крайней мере в умеренных и высоких широтах.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Автор глубоко благодарен своему учителю, канд. биол. наук И.С. Гусаровой за ценные консультации относительно распространения некоторых сообществ сублиторальной растительности.

The author is deeply thankful to his teacher, Ph.D. I.S. Gusarova for valuable consultations on distribution of some sublittoral vegetation assemblages.

Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The study was not supported by sponsors.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Все приемлемые национальные, институциональные и международные этические принципы соблюдены. Автор заявляет об отсутствии у него конфликта интересов.

All acceptable national, institutional and international ethical principles were followed. The author declares that he has no conflict of interest.

Список литературы

Афанасьев Д.Ф., Середа М.М., Абдуллин Ш.Р. Опыт выделения сообществ водорослей-макрофитов прибрежного шельфа российского сектора Черного моря методом эколого-флористической классификации // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. — 2012. — № 2. — С. 61–64. EDN: OXHTQZ.

Белый М.Н. Видовой состав, особенности распределения водорослей-макрофитов в северной части Охотского моря и их значение как нерестового субстрата в районах размножения сельди : дис. ... канд. биол. наук. — Магадан : МагаданНИРО, 2011. — 175 с.

Блинова Е.И. Видовой состав и вертикальное распределение морских водорослей в Пенжинской губе (Охотское море) // Океанол. — 1968. — № 2. — С. 279–287.

Блинова Е.И. Водоросли-макрофиты и травы дальневосточных морей России (флора, распространение, биология, запасы, марикультура) : моногр. — М. : ВНИРО, 2014. — 240 с.

Блинова Е.И. Водоросли-макрофиты и травы морей европейской части России (флора, распространение, биология, запасы, марикультура) : моногр. — М. : ВНИРО, 2007. — 114 с.

Блинова Е.И. Основные водоросли северо-восточной части Охотского моря (распределение, экология, фитомасса) // Раст. ресурсы. — 1971. — Т. 7, № 2. — С. 252–259.

Блинова Е.И., Гусарова (Субботина) И.С. Водоросли сублиторали юго-восточного побережья Камчатки // Изв. ТИНРО. — 1971. — Т. 76. — С. 139–155.

Бывалина Т.П., Ключкова Н.Г., Фадеев В.И. Макрофитобентос сублиторали западного Сахалина // Бентос и условия его существования на шельфовых зонах Сахалина. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1985. — С. 27–42.

Василевич В.И. Проблема классификации растительности // Ботан. журн. — 2010. — Т. 95, № 9. — С. 1201–1218. EDN: OIXDX.

Вейсберг Е.И. Синтаксономический состав сообществ водных макрофитов озер Ильменского заповедника (Челябинская область) // Мат-лы I (VII) Междунар. конф. по вод. макрофитам «Гидрботаника 2010». — Борок, 2010. — С. 72–73.

Возжинская В.Б. Донные макрофиты Белого моря : моногр. — М. : Наука, 1986. — 189 с.

Возжинская В.Б. Макрофитобентос высокобореальных (холодноводно-умеренных) морей России (растительность, экология, динамика, продукция) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — М., 1996. — 46 с.

Возжинская В.Б., Блинова Е.И. Материалы по распределению и составу водорослей Камчатки (Охотское море) // Тр. ИОАН СССР. — 1970. — Т. 88. — С. 298–307.

Возжинская В.Б., Селицкая (Вишневская) Н.М. Морская растительность побережья о-ва Большой Шантар (Охотское море) // Тр. ИОАН СССР. — 1970. — Т. 88. — С. 288–297.

Волвенко И.В. Адаптивная зона, петерсеновские сообщества, ареал и экологическая ниша. Сообщение 1. Определения и соотношение понятий // Изв. ТИНРО. — 2018. — Т. 195. — С. 3–27. DOI: 10.26428/1606-9919-2018-195-3-27. EDN: YPNCCCL.

Галышева Ю.А. Сообщества макробентоса сублиторали залива Восток Японского моря в условиях антропогенного воздействия // Биол. моря. — 2004. — Т. 30, № 6. — С. 423–431. EDN: HVOBNJ.

Голиков А.Н., Скарлато О.А., Табунков В.Д. Некоторые биоценозы верхних отделов шельфа южного Сахалина и их распределение // Биоценозы и фауна шельфа южного Сахалина. — Л. : Наука, 1985. — С. 4–68. (Исслед. фауны морей; Т. 30(38).)

Голуб В.Б., Соколов Д.Д. Приморская растительность Восточной Европы // Успехи современной биологии. — 1998. — № 118, вып. 6. — С. 728–742. EDN: ZRXHRF.

Гусарова И.С. Глубоководная растительность у берегов северного Приморья // Изв. ТИНРО. — 2010. — Т. 160. — С. 118–127. EDN: MNHWLT.

Гусарова И.С. Макрофитобентос северной части Амурского залива // Изв. ТИНРО. — 2008. — Т. 155. — С. 88–98. EDN: JVYPZF.

Гусарова И.С. Макрофитобентос сублиторальной зоны островов Итуруп, Уруп и Симушир (Большая Курильская гряда) : автореф. ... дис. канд. биол. наук. — Л. : БИН АН СССР, 1975. — 23 с.

Гусарова И.С., Колпаков Н.В., Кулепанов В.Н. Распределение растительности и рыб на мелководье острова Рейнеке (залив Петра Великого) в летний период // Изв. ТИНРО. — 2012. — Т. 171. — С. 26–39. EDN: OHOXNB.

Гусарова И.С., Суховеева М.В., Жмакин А.Ф. Водоросли-макрофиты // Гидрометеорология и гидрохимия морей. — Т. 9 : Охотское море. — Вып. 1 : Гидрометеорологические условия. — СПб. : Гидрометеоиздат, 1998. — С. 145–154.

Дуленин А.А. Инвентаризация ассоциаций сублиторальной растительности дальневосточных морей России // Изв. ТИНРО. — 2025а. — Т. 205, вып. 3. — С. 423–447. DOI: 10.26428/1606-9919-2025-205-423-447. EDN: JIIMSW.

Дуленин А.А. Список ассоциаций макрофитов сублиторали морей Дальнего Востока России и возможности их визуальной идентификации // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование : мат-лы XVI Нац. (всерос.) науч.-практ. конф. — Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2025б. — С. 12–16. EDN: LDUQWM.

Дуленин А.А. О выделении ассоциаций морских донных макрофитов северо-западной части Татарского пролива // Вопр. соврем. альгологии. — 2021. — № 3(27). — С. 1–17. DOI: 10.33624/2311-0147-2021-3(27)-1-17. EDN: KPNHOD.

Дуленин А.А. Оптимальные способы выделения доминантов подводной растительности на примере северо-западной части Татарского пролива // Изв. ТИНРО. — 2020. — Т. 200, вып. 3. — С. 747–766. DOI: 10.26428/1606-9919-2020-200-747-766. EDN: VKIKCD.

Дуленин А.А. Распределение видов-доминантов макрофитов по глубине в северо-западной части Татарского пролива // Биол. моря. — 2019. — Т. 45, № 2. — С. 97–107. DOI: 10.1134/S0134347519020037. EDN: ZCYOYN.

Дуленин А.А. Распределение макрофитобентоса в условиях сублиторали северо-западной части Татарского пролива : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 2008. — 20 с.

Дуленин А.А. Распределение сублиторальной растительности материкового побережья Охотского моря (в пределах Хабаровского края) // Изв. ТИНРО. — 2015. — Т. 180. — С. 107–127.

Дуленин А.А. Характеристика сублиторальной растительности северо-западной части Охотского моря на основании концепции адаптивной зоны // Изв. ТИНРО. — 2023. — Т. 203, вып. 4. — С. 822–851. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-822-851. EDN: DYQMYG.

Дуленин А.А. Характеристика сублиторальной растительности у северо-западного побережья Японского моря на основании концепции адаптивной зоны // Изв. ТИНРО. — 2024а. — Т. 204, вып. 3. — С. 509–547. DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-509-547. EDN: PTPBAS.

Дуленин А.А. Возможности визуального опознавания сообществ сублиторальной растительности в хозяйственных целях // Рыбохозяйственный комплекс России: 300 лет российской академической науке : мат-лы 2-й Междунар. науч.-практ. конф. — М. : ВНИРО, 2024б. — С. 125–130. EDN: XPOUWA.

Евсеева Н.В. Макрофитобентос прибрежной зоны южных Курильских островов // Тр. СахНИРО. — 2007. — Т. 9. — С. 125–145. EDN: UOQIJJ.

Иванова М.Б., Новожилов А.В., Цурпало А.П. Условия существования и некоторые особенности флоры-фаунистического состава эксплуатируемых природных полей анфельции тобучинской в проливе Старка (залив Петра Великого, Японское море) и заливе Измены (остров Кунашир, Курильские острова) // Изв. ТИНРО. — 1994. — Т. 113. — С. 83–99.

Калита Т.Л., Скрипцова А.В. Сублиторальные сообщества макрофитов Уссурийского и Амурского заливов (Японское море) в современных условиях // Биол. моря. — 2014. — Т. 40, № 6. — С. 427–434. EDN: THIROB.

Калугина-Гутник А.А. Фитобентос Чёрного моря : моногр. — Киев : Наук. думка, 1975. — 246 с.

Кардакова-Преженцова Е.А. Водорослевая растительность Командорских островов // Изв. ТИНРО. — 1938. — Т. 14. — С. 77–108.

Кашенко Н.В. Видовой состав и количественное распределение макрофитов на литорали и верхней сублиторали острова Фуругельма (залив Петра Великого Японского моря) // Биол. моря. — 2002. — Т. 28, № 3. — С. 181–186.

Ключкова Н.Г. Флора водорослей-макрофитов Татарского пролива и особенности ее формирования : моногр. — Владивосток : Дальнаука, 1996. — 291 с.

Ключкова Н.Г., Березовская В.А. Макрофитобентос Авачинской губы и его антропогенная деструкция : моногр. — Владивосток : Дальнаука, 2001. — 208 с.

Ключкова Н.Г., Королева Т.Н., Кусиди А.Э. Атлас водорослей-макрофитов прикамчатских вод. — Т. 1. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2009а. — 218 с.

Ключкова Н.Г., Королева Т.Н., Кусиди А.Э. Атлас водорослей-макрофитов прикамчатских вод. — Т. 2. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2009б. — 304 с.

Ключкова Т.А., Климова А.В., Ключкова Н.Г. Распространение *Alaria esculenta* (Phaeophyceae, Laminariales) в Охотском море // Вестн. КамчатГТУ. — 2019. — № 50. — С. 46–56. DOI: 10.17217/2079-0333-2019-50-46-56. EDN: EHNWEI.

- Кукк Х.А.** Донная растительность прибрежных вод южного берега Финского залива // Бот. журн. — 1978. — Т. 63, № 6. — С. 844–852.
- Кулепанов В.Н., Иванова Н.В.** Видовой состав и количественное распределение макрофитов в сублиторали района залива Владимира (северное Приморье) // Изв. ТИНРО. — 2006. — Т. 146. — С. 136–149. EDN: HYZDPZ.
- Миркин Б.М., Наумова Л.Г.** Современное состояние основных концепций науки о растительности : моногр. — Уфа : АН РБ, Гилем, 2012. — 488 с.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г.** Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. — М. : Наука, 1989. — 223 с.
- Михайлова Т.А.** Стадии формирования сообществ ламинариевых на внесенном субстрате (Белое море) // Бот. журн. — 2006. — Т. 91, вып. 12. — С. 1816–1834. EDN: HYIQYZ.
- Михайлова Т.А.** Формирование ламинариевых фитоценозов на внесенном каменистом субстрате в Белом море // Бот. журн. — 2000. — Т. 85, № 9. — С. 88–103.
- Огородников В.С.** Вертикальное распределение фитомассы доминирующих видов бурых водорослей в сублиторали о. Парамушир (северные Курильские острова) // Тр. СахНИРО. — 2002. — Т. 4. — С. 250–258. EDN: WVTYHY.
- Огородников В.С.** Водоросли-макрофиты Северных Курильских островов : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Петропавловск-Камчатский, 2007. — 25 с.
- Паймеева Л.Г., Гусарова И.С.** Состояние зарослей *Laminaria japonica* Aresch. f. *longipes* (Miyabe et Tokida) Ju. Petr. в северном Приморье // Комаровские чтения. — 1993. — Вып. 38. — С. 20–36.
- Пельтихина Т.С.** Ламинариевые водоросли Баренцева моря и их рациональное использование : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Мурманск, 2000. — 24 с.
- Перестенко Л.П.** Водоросли залива Петра Великого : моногр. — Л. : Наука, 1980. — 232 с.
- Перестенко Л.П.** Растительность литорали и сублиторали восточной Камчатки // Бот. журн. — 1997. — Т. 82, № 2. — С. 46–55.
- Перестенко Л.П.** Растительность литорали и сублиторали юго-западного побережья Охотского моря и Шантарских островов // Бот. журн. — 1996а. — Т. 81, № 8. — С. 13–22.
- Перестенко Л.П.** Фитоценозы сублиторали восточной Камчатки и Командорских островов // Бот. журн. — 1996б. — Т. 81, № 2. — С. 80–96.
- Петров К.М., Поздеев В.Б.** Подводные ландшафты и фитобентос у берегов южного Сахалина : моногр. — Владивосток : ДВГУ, 1992. — 128 с.
- Погребов В.Б., Кашенко В.П.** Донные сообщества твердых грунтов залива Восток Японского моря // Биологические исследования залива Восток. Сб. работ № 5. — Владивосток : ИБМ ДВНЦ АН СССР, 1976. — С. 63–82.
- Разумовский С.М.** Закономерности динамики биоценозов // Труды по экологии и биогеографии (полное собрание сочинений). — М. : Тов-во науч. изд. КМК, 2011. — С. 50–272.
- Рыбаков О.С.** Промысловые водоросли прибрежных вод Шантарских островов // Изв. ТИНРО. — 1971. — Т. 75. — С. 160–164.
- Селиванова О.Н.** Макрофиты российского шельфа Берингова моря, Командорских островов и юго-восточной Камчатки : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. — Владивосток, 2004. — 44 с.
- Симпсон Д.Г.** Темпы и формы эволюции : моногр. : пер. с англ. — М. : Госиздат, 1948. — 358 с.
- Скарлато О.А., Голиков А.Н., Василенко С.В. и др.** Состав, структура и распределение донных биоценозов в прибрежных водах залива Посьет (Японское море) // Исслед. фауны морей. — 1967. — Вып. 5(13). — С. 5–61. EDN: VYERET.
- Скрипцова А.В., Калита Т.Л., Сабитова Л.И.** Изменение структуры сублиторальных фитоценозов в градиенте концентраций биогенных элементов в бухте Сухопутная (Уссурийский залив, Японское море) // Биол. моря. — 2018. — Т. 44, № 5. — С. 317–325. DOI: 10.1134/S0134347518050030. EDN: YBDONV.
- Суховеева М.В., Подкорытова А.В.** Промысловые водоросли и травы морей Дальнего Востока: биология, распространение, запасы, технология переработки : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2006. — 243 с.
- Терция Ж.П., Вилнер В., Фернандес-Гонсалес Ф. и др.** Международный кодекс фитоценологической номенклатуры. 4-е изд. // Растительность России. — 2022. — № 44. — С. 3–60. DOI: 10.31111/vegrus/2022.44.3. EDN: PHKVTS.
- Толстикова Н.Е.** Бентосные макрофиты Анадырского залива Берингова моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 1980. — 23 с.

- Фадеев В.И.** Макробентос верхней сублиторали в районе Сихоте-Алинского биосферного заповедника // Биол. моря. — 1980. — № 6. — С. 13–20.
- Фадеев В.И.** Сообщества макробентоса верхней сублиторали острова Монерон // Бентос шельфа острова Монерон. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1985. — С. 18–40.
- Чербаджи И.И., Титлянов Э.А.** Биология естественных монодоминантных сообществ красной водоросли *Ahnfeltia tobuchiensis* в морях Дальнего Востока России // Биол. моря. — 1998. — Т. 24, № 2. — С. 71–81.
- Araujo R.M., Assis J., Aguillar R. et al.** Status, trends and drivers of kelp forests in Europe: an expert assessment // Biodiversity and Conservation. — 2016. — Vol. 25. — P. 1319–1348. DOI: 10.1007/s10531-016-1141-7. EDN: WVNHAB.
- den Hartog C.** Sea-grass communities: structure, distribution and classification // Phytocoenologia. — 2016. — Vol. 46, Iss. 4. — P. 397–414.
- Gundersen H., Bryan T., Chen W. et al.** Ecosystem Services in the Coastal Zone of the Nordic Countries. — Copenhagen : Nordic Council of Ministers, 2016. — 131 p.
- Kirihara S., Kon N., Fujita D., Notoya M.** Distributions of Zosteraceae species along the coasts of Aomori Prefecture, locating at the northernmost of Honshu // Japan Algal Resources. — 2013. — Vol. 6. — P. 1–13.
- Kraan S.** Concise review of the genus *Alaria* Greville, 1830 // J. Appl. Phycol. — 2020. — Vol. 32, № 6. — P. 3543–3560. DOI: 10.1007/s10811-020-02222-0. EDN: ROIWHE.
- Kvile K.Ø., Andersen G.S., Baden S.P. et al.** Kelp Forest Distribution in the Nordic Region // Front. Mar. Sci. — 2022. — Vol. 9. 850359. — P. 1–13. DOI: 10.3389/fmars.2022.850359. EDN: JARQHL.
- McRoy C.P.** The Distribution and Biogeography of *Zostera marina* (Eelgrass) in Alaska // Pacific Science. — 1968. — Vol. 22, № 4. — P. 507–513.
- Miki S.** On the sea-grasses in Japan (1). *Zostera* and *Phyllospadix*, with special reference to morphological and ecological characters // Bot. Mag. — 2011. — Vol. 47. — P. 842–862. DOI: 10.15281/jplantres1887.47.842.
- Mucina L., Bültmann H., Dierßen K. et al.** Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities // Applied Vegetation Science. — 2016. — Vol. 19, № S1. — P. 3–264. DOI: 10.1111/avsc.12257. EDN: XLIMMN.
- Sales M.V.** Cystoseira-dominated assemblages from sheltered areas in the Mediterranean sea: diversity, distribution and effect of pollution : Ph.D. Thesis. — Blanes, 2010. — 261 p.
- Taniguti M.** Phytosociological study of marine algae in Japan. — Inoue, 1962. — 129 p.
- Toshinobu T., Yoshikawa K., Yoshida G. et al.** Ecology and restoration techniques for Sargassum beds in Japan // Fish. Sci. — 2002. — Vol. 68, № 2. — P. 1743–1746. DOI: 10.2331/fishsci.68.sup2_1743.
- Volvenko I.V.** The Adaptive Zone: From Evolutionary Biology to Ecology and Biogeography. Review and a Case Study with Examples for Fisheries Science // Reviews in Fisheries Science & Aquaculture. — 2022. — Vol. 30, Iss. 422. — P. 520–541. DOI: 10.1080/23308249.2022.2067741. EDN: OWSGGM.

References

- Afanas'yev, D.F., Sereda, M.M., and Abdullin, Sh.R.,** Attempt of bottom vegetation communities designation by the method of ecology-floristic classification for Russian shelf of the Black Sea, *Izv. vuzov. Severo-Kavkazskiy region. Yestestvennyye nauki*, 2012, no. 2, pp. 61–64. EDN: OXHTQZ
- Belyj, M.N.,** Species composition, features of the distribution of macrophyte algae in the northern part of the Sea of Okhotsk and their importance as a spawning substrate in herring breeding areas, *Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Magadan: MagadanNIRO, 2011.
- Blinova, E.I.,** Specnic composition and vertical distribution of seaweeds in the Penzhinskaya inlet (the Sea of Okhotsk), *Okeanologiya*, 1968, no. 2, pp. 279–287.
- Blinova, E.I.,** *Vodorosli-makrofity i travy dal'nevostochnykh morey Rossii (flora, rasprostraneniye, biologiya, zapasy, marikul'tura)* (Algae-macrophytes and herbs of the Far Eastern seas of Russia (flora, distribution, biology, reserves, mariculture)), Moscow: VNIRO, 2014.
- Blinova, Ye.I.,** *Vodorosli-makrofity i travy dal'nevostochnykh morey Rossii (flora, rasprostraneniye, biologiya, zapasy, marikul'tura)* (Seaweeds and seagrasses of the European part of Russia (flora, distribution, biology, resources, mariculture)), Moscow: VNIRO, 2007.
- Blinova, Ye.I.,** Main algae of the northeastern part of the Sea of Okhotsk (distribution, ecology, phytomass), *Rastitelnye Resursy*, 1971, vol. 7, no. 2, pp. 252–259.
- Blinova, E.I. and Gusarova (Subbotina), I.S.,** The algae of sublittoral South-Eastern coast of Kamchatka, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1971, vol. 76, pp. 139–155.

Byvalina, T.P., Klochkova, N.G., and Fadeev, V.I., Macrophytobenthos of the sublittoral zone of western Sakhalin, in *Bentos i usloviya yego sushchestvovaniya na shel'fovykh zonakh Sakhalina* (Benthos and the conditions of its existence on the shelf zones of Sakhalin), Vladivostok: Far Eastern Scientific Center, 1985, pp. 27–42.

Vasilevich, V.I., The problem of vegetation classification, *Botan. Zh.*, 2010, vol. 95, no. 9, pp. 1201–1218. EDN: OIXDX

Veysberg, Ye.I., Syntaxonomic composition of aquatic macrophyte communities in the lakes of the Ilmensky Reserve (Chelyabinsk Region), in *Proc. I(VII) Intern. Con. on aquatic macrophytes "Hydrobotany 2010"*, Borok, 2010, pp. 72–73.

Vozzhinskaya, V.B., *Donnyye makrofity Belogo morya* (Bottom macrophytes of the White Sea), Moscow: Nauka, 1986.

Vozzhinskaya, V.B., Macrophytobenthos of the high-boreal (cold-water temperate) seas of Russia (vegetation, ecology, dynamics, production), *Extended Abstract of Doctoral (Biol.) Dissertation*, Moscow, 1996.

Vozzhinskaya, V.B. and Blinova, E.I., Materials on the distribution and composition of algae in Kamchatka (Sea of Okhotsk), *Tr. Inst. Okeanol. im. P.P. Shirshova, Akad. Nauk SSSR*, 1970, vol. 88, pp. 298–307.

Vozzhinskaya, V.B. and Selitskaya (Vishnevskaya), N.M., Marine vegetation of the coastal area of Bolshoi Shantar Island (Sea of Okhotsk), *Tr. Inst. Okeanol. im. P.P. Shirshova, Akad. Nauk SSSR*, 1970, vol. 88, pp. 288–297.

Volvenko, I.V., Adaptive zone, Petersen-type communities, geographical range and ecological niche. Report 1. Definitions and relations of the concepts, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2018, vol. 195, pp. 3–27. doi 10.26428/1606-9919-2018-195-3-27. EDN: YPNCCCL

Galysheva, Yu.A., Subtidal macrobenthos communities of Vostok Bay (Sea of Japan) under conditions of anthropogenic impact, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2004, vol. 30, no. 6, pp. 363–370. doi 10.1007/s11179-005-0001-1. EDN: LIQHFR

Golikov, A.N., Skarlato, O.A., and Tabunkov, V.D., Some biocenoses of the upper parts of the southern Sakhalin shelf and their distribution, in *Biotsenozy i fauna shel'fa yuzhnogo Sakhalina*, Leningrad: Nauka, 1985, pp. 4–68 (Research on the fauna of the seas; vol. 30(38).)

Golub, V.B. and Sokolov, D.D. Coastal vegetation of Eastern Europe, *Uspekhi sovremennoy biologii*, 1998, vol. 118, no. 6, pp. 728–742. EDN: ZRXHRF

Gusarova, I.S., Deep-water vegetation of northern Primorye, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2010, vol. 160, pp. 118–127. EDN: MNHWLT

Gusarova, I.S., Macrophytobenthos of the northern Amur Bay, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2008, vol. 155, pp. 88–98. EDN: JVYPZF

Gusarova, I.S., Macrophytobenthos of the sublittoral zone of the islands Iturup, Urup and Simushir (Great Kuril Ridge), *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Leningrad: Botanicheskiy Institut Akad. Nauk SSSR, 1975.

Gusarova, I.S., Kolpakov, N.V., and Kulepanov, V.N., Distribution of bottom vegetation and fishes along the coast of Reineke Island (Peter the Great Bay) in summer, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2012, vol. 171, pp. 26–39. EDN: OHOXNB

Gusarova, I.S., Sukhoveeva, M.V., and Zhmakin, A.F., Algae-macrophytes, in *Gidrometeorologiya i gidrokimiya morei. T. 9: Okhotskoye more* (Hydrometeorology and Hydrochemistry of Seas, vol. 9: Sea of Okhotsk), St. Petersburg: Gidrometeoizdat, 1998, issue 1, pp. 145–154.

Dulenin, A.A., An Inventory of Subtidal Vegetation Associations in the Far Eastern Seas of Russia, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2025, vol. 51, no. 7, pp. 486–501. doi 10.1134/S1063074025700324. EDN: ITGTMB

Dulenin, A.A., List of sublittoral macrophyte associations in the Russian Far East seas and the possibilities of their visual identification, in *Prirodnyye resursy, ikh sovremennoye sostoyaniye, okhrana, promyslovoye i tekhnicheskoye ispol'zovaniye: materialy XVI Natsional'noy (vserossiyskoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii* (Natural resources, their current state, protection, commercial and technical use: Proceedings of the XVI National (All-Russian) Scientific and Practical Conference), Petropavlovsk-Kamchatskiy, KamchatGTU, 2025, pp. 12–16. EDN: LDUQWM

Dulenin, A.A., On the identification of marine bottom macrophyte associations in the north-western Tatar Strait, *Voprosy sovremennoy algologii*, 2021, no. 3(27), pp. 1–17. doi 10.33624/2311-0147-2021-3(27)-1-17. EDN: KPNHOD

Dulenin, A.A., Results of parallel independent visual evaluation of projective cover of the bottom during macrophyte assessment survey, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2020, vol. 200, no. 3, pp. 747–766. doi 10.26428/1606-9919-2020-200-747-766. EDN: VKIKCD

Dulenin, A.A., The depth distribution of dominant species of macrophytes in the north-western part of the Tatar Strait, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2019, vol. 45, no. 2, pp. 96–105. doi 10.1134/S1063074019020032. EDN: KLTNOY

Dulenin, A.A., Distribution of macrophytobenthos in the sublittoral zone of the northwestern part of the Tatar Strait, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Vladivostok, 2008.

Dulenin, A.A., Distribution of sublittoral vegetation at the continental coast of the Okhotsk Sea (within the limits of Khabarovsk Region), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2015, vol. 180, pp. 107–127.

Dulenin, A.A., Characteristics of sublittoral vegetation in the northwestern Okhotsk Sea based on the concept of adaptive zone, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2023, vol. 203, no. 4, pp. 822–851. doi 10.26428/1606-9919-2023-203-822-851. EDN: DYQMYG

Dulenin, A.A., Characteristics of sublittoral vegetation in the northwestern Tatar Strait based on the concept of adaptive zone, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 204, no. 3, pp. 509–547. doi 10.26428/1606-9919-2024-204-509-547. EDN: PTPBAS

Dulenin, A.A., Possibilities of visual identification of sublittoral vegetation communities for economic purposes, in *Mat-ly 2-y Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Rybokhozyaystvennyy kompleks Rossii: 300 let rossiyskoy akademicheskoy nauke"* (Proc. 2nd Int. scientific-practical. conf. "Fishery complex of Russia: 300 years of Russian academic science"), Moscow: VNIRO, 2024, pp. 125–130. EDN: XPOUWA

Yevseyeva, N.V., Macrophytobenthos of the coastal zone of the southern Kuril Islands, *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2007, vol. 9, pp. 125–145. EDN: UOQIJJ

Ivanova, M.B., Novozhilov, A.V., and Tzurpalo, A.P., Environment and some features of flora and fauna composition of the Ahnfeltia tobuchinensis exploited natural fields at Stark strait (Peter the Great Bay, Sea of Japan) and Ismena Bay (Kunashir Island, Kuril Islands), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1994, vol. 113, pp. 83–99.

Kalita, T.L. and Skriptsova, A.V., The current state of subtidal macrophyte communities of Ussuriysky and Amursky Bays, Sea of Japan, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2014, vol. 40, no. 6, pp. 418–425. doi 10.1134/S1063074014060157

Kalugina-Gutnik, A.A., *Fitobentos Chernogo moray* (Phytobenthos of the Black Sea), Kiev: Naukova Dumka, 1975.

Kardakova-Prejntseva, Ye.A., Seaweeds of the Commandore Islands, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1938, vol. 14, pp. 77–108.

Kashchenko, N.V., Species composition and quantitative distribution of macrophytes in the littoral and upper sublittoral of Furugelm Island (Peter the Great Bay, Sea of Japan), *Biol. morya*, 2002, vol. 28, no. 3, pp. 181–186.

Klochkova, N.G., *Flora vodorosley-makrofitov Tatarskogo proliva i osobennosti yeye formirovaniya* (Flora of algae-macrophytes of the Tatar Strait and features of its formation), Vladivostok: Dal'nauka, 1996.

Klochkova, N.G. and Berezovskaya, V.A., *Makrofitobentos Avachinskoy guby i yego antropogennaya destruktziya* (Macrophytobenthos of the Avacha Bay and its anthropogenic destruction), Vladivostok: Dal'nauka, 2001.

Klochkova, N.G., Koroleva, T.N., and Kushidi, A.E., *Atlas vodorosley-makrofitov prikamchatskikh vod* (Atlas of algae-macrophytes of Kamchatka waters), vol. 1, Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2009.

Klochkova, N.G., Koroleva, T.N., and Kushidi, A.E., *Atlas vodorosley-makrofitov prikamchatskikh vod* (Atlas of algae-macrophytes of Kamchatka waters), vol. 2, Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2009.

Klochkova, T.A., Klimova, A.V., and Klochkova, N.G., Distribution of *Alaria esculenta* (Phaeophyceae, Laminariales) in the Sea of Okhots, *Vestn. Kamchatskogo Gos. Tekh. Univ.*, 2019, vol. 50, pp. 46–56. doi 10.17217/2079-0333-2019-50-46-56. EDN: EHNWEI

Kukk, Kh.A., Bottom vegetation in the southern coastal waters of the Gulf of Finland, *Bot. zhurn.*, 1978, vol. 63, no. 6, pp. 844–852.

Kulepanov, V.N. and Ivanova, N.V., Specific structure and quantitative distribution of macrophytes in the sublittoral zone of the Vladimir Bay (north Primorye), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2006, vol. 146, pp. 136–149. EDN: HYZDPZ

Mirkin, B.M. and Naumova, L.G., *Sovremennoye sostoyaniye osnovnykh kontseptsiy nauki o rastitel'nosti* (The current state of the basic concepts of vegetation science), Ufa: AN RB, Gilem, 2012.

Mirkin, B.M., Rosenberg, G.S., and Naumova, L.G., *Slovar' ponyatiy i terminov sovremennoy fitotsenologii* (Dictionary of concepts and terms of modern phytocenology), Moscow: Nauka, 1989.

- Mikhaylova, T.A.**, Stages of formation Laminarian Communities on Introduced Substrata (White Sea), *Bot. zhurn.*, 2006, vol. 91, no. 12, pp. 1816–1834. EDN: HYIQYZ
- Mikhaylova, T.A.**, Formation of the Laminarian Phytocenoses on the Introduced Stony Substrate in the White Sea, *Bot. zhurn.*, 2000, vol. 85, no. 9, pp. 88–103.
- Ogorodnikov, V.S.**, Vertical distribution of the phytomass of the dominant species of brown algae in the sublittoral of Paramushir (northern Kuril Islands), *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2002, vol. 4, pp. 250–258. EDN: WVTYHY
- Ogorodnikov, V.S.**, Macrophytic algae of the northern Kuril Islands, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Petropavlovsk-Kamchatsky, 2007.
- Paimeeva, L.G. and Gusarova, I.S.**, The status of beds of *Laminaria japonica* Aresch. f. *longipes* (Miyabe et Tokida) Ju. Petr. in northern Primorsky Krai, *Komarovskiye Chteniya*, 1993, vol. 38, pp. 20–36.
- Pel'tikhina, T.S.**, Laminariles algae of the Barents Sea and their rational use, *Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Murmansk, 2000.
- Perestenko, L.P.**, *Vodorosli zaliva Petra Velikogo* (Seaweeds of Peter the Great Bay), Leningrad: Nauka, 1980.
- Perestenko, L.P.**, Vegetation of the littoral and sublittoral of eastern Kamchatka, *Bot. zhurn.*, 1997, vol. 82, no. 2, pp. 46–55.
- Perestenko, L.P.**, Vegetation of the littoral and sublittoral zones of the southwestern coast of the Sea of Okhotsk and the Shantar Islands, *Bot. zhurn.*, 1996, vol. 81, no. 8, pp. 13–22.
- Perestenko, L.P.**, Phytocenoses of the sublittoral of eastern Kamchatka and the Commander Islands, *Bot. zhurn.*, 1996, vol. 81, no. 2, pp. 80–96.
- Petrov, K.M. and Pozdeev, V.B.**, *Podvodnyye landshafty i fitobentos u beregov yuzhnogo Sakhalina* (Underwater landscapes and phytobenthos off the coast of southern Sakhalin), Vladivostok: Dal'nevost. Gos. Univ., 1992.
- Pogrebov, V.B. and Kashenko, V.P.**, Hard botrom communities in the Vostok Bay (Sea of Japan), in *Biologicheskkiye issledovaniya zaliva Vostok, Sbornik rabot № 5* (Biological investigations in the Vostok Bay, Transactions no. 5), Vladivostok: IBM DVNTS AN SSSR, 1976, pp. 63–82.
- Razumovsky, S.M.**, Patterns of dynamics of biocenoses, in *Trudy po ekologii i biogeografii (polnoye sobraniye sochineniy)* (Works on ecology and biogeography (complete works)), Moscow: KMK, 2011, pp. 50–272.
- Rybakov, O.S.**, Commercial seaweeds of Shantar coastal water, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1971, vol. 75, pp. 160–164.
- Selivanova, O.N.**, Macrophytes of the Russian shelf of the Bering Sea, the Commander Islands and south-eastern Kamchatka, *Extended Abstract of Doctoral (Biol.) Dissertation*, Vladivostok, 2004.
- Simpson, G.G.**, *Tempo and Mode in Evolution*, New York: Columbia Univ. Press, 1944.
- Skarlato, O.A., Golikov, A.N., Vasilenko, S.V., Tsvetkova, N.L., Gruzov, Ye.N., and Nesis, K.N.**, Composition, structure and distribution of bottom biocenoses in the coastal waters of Posyet Bay (Sea of Japan), *Issled. fauny morey*, 1967, vol. 5, no. 13, pp. 5–61. EDN: VYERET
- Skriptsova, A.V., Kalita, T.L., and Sabitova, L.I.**, Changes in the structure of the subtidal phytocoenosis along the gradient of the concentrations of biogenic elements in the Sukhoputnaya Bay (Ussuriisky Bay, Sea of Japan), *Russ. J. Mar. Biol.*, 2018, vol. 44, no. 5, pp. 373–382. doi 10.1134/S1063074018050115. EDN: WUNKXY
- Sukhovyeveva, M.V. and Podkorytova, A.V.**, *Promyslovyye vodorosli i travy morey Dal'nego Vostoka: biologiya, rasprostraneniye, zapasy, tekhnologiya pererabotki* (Commercial algae and grasses of the seas of the Far East: biology, distribution, stocks, processing technology), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2006.
- Theurillat, J.-P., Willner, W., Fernández-González, F., Bültmann, H., Čarni, A., Gigante, D., Mucina, L., and Weber, H.E.**, International Code of Phytosociological Nomenclature, 4th ed., *Applied Vegetation Science*, 2021, vol. 24, no. 1, e12491. doi 10.1111/avsc.12491.
- Tolstikova, N.Ye.**, Benthic macrophytes of the Anadyr Bay of the Bering Sea, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Moscow, 1980.
- Fadeev, V.I.**, Macrobenthos from the upper sublittoral zone in the area of the Sikhote-Alin biosphere state nature reserve, *Biol. morya*, 1980, vol. 6, pp. 13–20.
- Fadeyev, V.I.**, Communities of macrophytobenthos of the upper sublittoral of Moneron Island, in *Bentos shel'fa ostrova Moneron* (Benthos of the Moneron Island shelf), Vladivostok: Dal'nevost. Nauchn. Tsentr, Akad. Nauk SSSR, 1985, pp. 18–40.
- Cherbadzhi, I.I. and Titlyanov, E.A.**, Biology of natural monodominant communities of the red alga *Ahnfeltia tobuchiensis* in the seas of the Russian Far East, *Biol. morya*, 1998, vol. 24, no. 2, pp. 71–81.

Araujo, R.M., Assis, J., Aguillar, R., Airolidi, L., Bárbara, I., Bartsch, I., Bekkby, T., Christie, H., Davoult, D., Derrien-Courtet, S., Fernandez, C., Fredriksen, S., Gevaert, F., Gundersen, H., Le Gal, A., Lévêque, L., Mieszkowska, N., Norderhaug, K.M., Oliveira, P., Puente, A., Rico, J.M., Rinde, E., Schubert, H., Strain, E.M., and Sousa-Pinto, I., Status, trends and drivers of kelp forests in Europe: an expert assessment, *Biodiversity and Conservation*, 2016, vol. 25, pp. 1319–1348. doi 10.1007/s10531-016-1141-7. EDN: WVNAB

den Hartog, C., Sea-grass communities: structure, distribution and classification, *Phytocoenologia*, 2016, vol. 46, no. 4, pp. 397–414.

Gundersen, H., Bryan, T., Chen, W., Moy, F.E., Sandman, A.N., Sundblad, G., Schneider, S., Andersen, J.H., Langaas, S., and Walday, M.G., *Ecosystem Services in the Coastal Zone of the Nordic Countries*, Copenhagen: Nordic Council of Ministers, 2016.

Kirihara, S., Kon, N., Fujita, D., and Notoya, M., Distributions of Zosteraceae species along the coasts of Aomori Prefecture, locating at the northernmost of Honshu, *Japan Algal Resources*, 2013, vol. 6, pp. 1–13.

Kraan, S., Concise review of the genus *Alaria* Greville, 1830, *J. Appl. Phycol.*, 2020, vol. 32, no. 6, p. 3543–3560. doi 10.1007/s10811-020-02222-0. EDN: ROIWHE

Kvile, K.Ø., Andersen, G.S., Baden, S.P., Bekkby, T., Bruhn, A., Geertz-Hansen, O., Hancke, K., Hansen, J.L.S., Krause-Jensen, D., Rinde, E., Steen, H., Wegeberg, S., and Gundersen, H., Kelp Forest Distribution in the Nordic Region, *Front. Mar. Sci.*, 2022, vol. 9, art. ID 850359, pp. 1–13. doi 10.3389/fmars.2022.850359. EDN: JARQHL

McRoy, C.P., The Distribution and Biogeography of *Zostera marina* (Eelgrass) in Alaska, *Pacific Science*, 1968, vol. 22, no. 4, pp. 507–513.

Miki, S., On the sea-grasses in Japan (1). *Zostera* and *Phyllospadix*, with special reference to morphological and ecological characters, *Bot. Mag.*, 2011, vol. 47, pp. 842–862. Doi 10.15281/jplantres1887.47.842

Mucina, L., Bültmann, H., Dierßen, K., Theurillat, J.-P., Raus, Th., Čarni, A., Šumberová, K., Willner, W., Dengler, J., García, R.G., Chytrý, M., Hájek, M., Di Pietro, R., Iakushenko, D., Pallas, J., Daniëls, F.J.A., Bergmeier, E., Guerra, A.S., Ermakov, N., Valachovič, M., Schaminée, J.H.J., Lysenko, T., Didukh, Y.P., Pignatti, S., Rodwell, J.S., Capelo, J., Weber, H.E., Solomeshch, A., Dimopoulos, P., Aguiar, C., Hennekens, S.M., and Tichý, L., Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities, *Applied Vegetation Science*, 2016, vol. 19, no. S1, pp. 3–264. doi 10.1111/avsc.12257. EDN: XLIMMN

Sales, M.V., Cystoseira-dominated assemblages from sheltered areas in the Mediterranean sea: diversity, distribution and effect of pollution, *Ph.D. Thesis*, Blanes, 2010.

Taniguti, M., *Phytosociological study of marine algae in Japan*, Inoue, 1962.

Toshinobu, T., Yoshikawa, K., Yoshida, G., Arai, S., Nakajima, Y., and Murase, N., Ecology and restoration techniques for Sargassum beds in Japan, *Fish. Sci.*, 2002, vol. 68, no. 2, pp. 1743–1746. Doi 10.2331/fishsci.68.sup2_1743

Volvenko, I.V., The Adaptive Zone: From Evolutionary Biology to Ecology and Biogeography, Review and a Case Study with Examples for Fisheries Science, *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 2022, vol. 30, no. 422, pp. 520–541. doi 10.1080/23308249.2022.2067741. EDN: OWSGGM

Guiry, M.D. and Guiry, G.M., *AlgaeBase. World-wide electronic publication*, University of Galway, 2026. <https://www.algaebase.org>. Cited March 13, 2026.

Encyclopedia of life. <https://eol.org>. Cited December 23, 2025.

Plants of the World Online, 2025. <https://powo.science.kew.org/taxon>. Cited December 24, 2025.

Поступила в редакцию 29.01.2026 г.

После доработки 5.03.2026 г.

Принята к публикации 6.03.2026 г.

The article was submitted 29.01.2026; approved after reviewing 5.03.2026;
accepted for publication 6.03.2026

Научная статья

УДК 597–19(282.257.3)

DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-110-118

EDN: OKUQYL

О СОСТОЯНИИ ИХТИОЦЕНА В ОЗЕРЕ ЛЕБЕДИНОМ (О. ИТУРУП)
В ОСЕННИЙ ПЕРИОДО.В. Зеленников¹, И.В. Астафуров^{2*}¹ Санкт-Петербургский государственный университет,
199034, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., 7/9;² Волго-Каспийский морской рыбопромышленный колледж,
414000, г. Астрахань, наб. 1 Мая, 47

Аннотация. При помощи малькового невода (длина 20 м, высота 1,5 м, шаг ячеи в мотне 4 мм) в сентябре–октябре 2025 г. обследовали распределение рыб разных видов в оз. Лебедином (о. Итуруп). Ихтиоцен озера был представлен преимущественно амурской девятииглой колюшкой *Pungitius sinensis* с добавлением незначительного числа (до 3–5 %) молоди крупночешуйной красноперки-угая *Tribolodon hakonensis*. Масса молоди красноперки варьировала от 50–100 мг до 5–6 г. Общая численность и соотношение численности двух основных видов рыб практически не менялись ни в течение периода нашей работы, ни на разных станциях вдоль побережья. Третий вид — японская малоротая корюшка *Hypomesus nipponensis* — присутствовал в улове в 18,7 % заматов, но попадались сразу 18–22 особи крайне различного размера. Помимо рыб в уловах присутствовали креветки *Palaemon paucidens*, биомасса которых визуальнo иногда была сопоставима с биомассой девятииглой колюшки, а также мизиды *Neomysis awatschensis*. Креветки и мизиды массово были приурочены к разным участкам озера. Помимо трех относительно массовых видов рыб нами впервые был пойман малек вида-интродуцента серебряного карася *Carassius gibelio*, наличие которого наглядно свидетельствует о том, что его размножение, возможно и крайне малочисленное, в озере точно осуществляется. Штучно, но в разные дни и в разных участках озера в уловах присутствовали молодые особи звездчатой камбалы *Platichthys stellatus*. Этот факт не является удивительным для морских камбал, однако ранее в оз. Лебедином их не обнаруживали. Таймень в сентябре вдоль береговой полосы выявлен не был и появился здесь с 7 октября, когда температура воды в устье ручья Рыбоводного составила 8,0 °С, а максимальная дневная температура воды на поверхности озера опустилась до 14,1 °С.

Ключевые слова: *Pungitius sinensis*, *Carassius gibelio*, *Parahucho perryi*, озеро Лебединое, Итуруп

Для цитирования: Зеленников О.В., Астафуров И.В. О состоянии ихтиоцена в озере Лебедином (о. Итуруп) в осенний период // Изв. ТИНРО. — 2026. — Т. 206, вып. 1. — С. 110–118. DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-110-118. EDN: OKUQYL.

* Зеленников Олег Владимирович, доктор биологических наук, доцент, oleg_zelennikov@rambler.ru, ORCID 0000-0001-8779-7419; Астафуров Илья Васильевич, студент, astafurov2006@bk.ru, ORCID 0009-0000-2860-9748.

© Зеленников О.В., Астафуров И.В., 2026

Original article

On state of the ichthyocene in Lake Lebedinoe (Iturup Island) in autumn season

Oleg V. Zelennikov*, Ilja V. Astafurov**

* St. Petersburg State University, 7/9, Universitetskaya Emb., St. Petersburg, 199034, Russia

** Volga-Caspian Marine Fisheries College, 47, 1 Maya Emb., Astrakhan, 414000, Russia

* D.Biol., assistant professor, oleg_zelennikov@rambler.ru, ORCID 0000-0001-8779-7419

** student, astafurov2006@bk.ru, ORCID 0009-0000-2860-9748

Abstract. Spatial distribution of fish species was surveyed in Lake Lebedinoe (Iturup Island) in September and October 2025 with fry seine (20 m long, 1.5 m high, 4 mm mesh size). The ichthyocene was predominantly represented by amur stickleback *Pungitius sinensis*, with a small portion (up to 3–5 %) of juvenile big-scaled redbfin *Tribolodon hakonensis*. Weight of the redbfin juveniles varied from 50–100 mg to 5–6 g. Abundance of two main fish species and their ratio were rather stable by stations and during the whole period of survey. Japanese smelt *Hypomesus nipponensis* were presented in 18.7 % of catches, but 18–22 individuals of the species with various size were in each of these catches. Single specimens of juvenile starry flounder *Platichthys stellatus* were caught occasionally in different parts of the lake, which were not observed there previously, though ability of marine flounders to enter fresh water bodies is known. A juvenile of the introduced prussian carp *Carassius gibelio* was caught for the first time in Lake Lebedinoe that was a clear sign of this species reproduction in the lake, although very limited. Japanese huchen *Parahucho perryi* were not detected at the coast in September but appeared after October 7, when the water temperature at the surface of the lake did not excess 14.1 °C and dropped to 8.0 °C at the mouth of the Rybovodny stream. Besides the fish, shrimp *Palaemon paucidens* and mysid *Neomysis awatschensis* were caught occasionally in different parts of the lake; the shrimp biomass was sometimes comparable with the biomass of amur stickleback.

Keywords: *Pungitius sinensis*, *Carassius gibelio*, *Parahucho perryi*, Lake Lebedinoe, Iturup Island

For citation: Zelennikov O.V., Astafurov I.V. On state of the ichthyocene in Lake Lebedinoe (Iturup Island) in autumn season, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2026, vol. 206, no. 1, pp. 110–118. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-110-118. EDN: OKUQYL.

Введение

Представленная статья является продолжением предыдущих публикаций, посвященных исследованию ихтиоцены в оз. Лебедином [Зеленников, Семенов, 2023, 2025]. В этом озере, согласно литературным [Сидоров, Пичугин, 2005], а теперь уже и нашим данным [Зеленников, 2025], обитает одна из двух популяций на о. Итуруп сахалинского тайменя *Parahucho perryi* — вида, входящего в Красную книгу Российской Федерации. Исследование стало актуальным после того, как на ручье Рыбоводном, впадающем в озеро, в 2016 и 2023 гг. были построены два питомника лососевого рыболовного завода «Лебединый» с общей производственной мощностью около 35 млн мальков. В связи с этим возник вопрос, как рыболовная и в целом промысловая деятельность повлияет на биологическое сообщество озера и на состояние в нем популяции тайменя. Публикаций об исследовании ихтиоцены в оз. Лебедином найти не удалось. В литературе есть только список видов рыб, обитающих в озере [Шедько, 2002; Сидоров, Пичугин, 2005; Рыбы Курильских островов, 2012], по нашим сведениям, уже неполный.

В предыдущие годы мы получили различные фактические данные. Например, составили список видов рыб, обитающих в озере, провели подсчет их численности вдоль всей береговой полосы, отметили изменения в видовом составе и численности рыб в разные сезоны, при помощи малькового невода отловили и учли много экземпляров сахалинского тайменя массой (примерно) от 10 г до 2,5 кг и др. Однако разрешения на проведение работ в сентябре-октябре ранее мы не имели.

Цель настоящей работы — оценить состояние ихтиоценоз оз. Лебединого в сентябре — начале октября, т.е. в период, когда в озеро массово заходят производители горбуши и кеты.

Материалы и методы

Обследование озера проводили в сентябре-октябре 2025 г. Ранее [Зеленников, Семенов, 2023], обследуя озеро в первый раз, мы произвольно, руководствуясь береговыми ориентирами, выбрали 13 станций, находящихся примерно на одинаковом расстоянии одна от другой. В текущем году мы проводили отлов рыб только на участке от станции 9 по станцию 13, вдоль южного берега озера (рис. 1). Ранее мы установили, что именно на этом участке таймень вдоль береговой полосы оказывается наиболее многочисленным. Кроме этого, в районе станций 11–13 в озере отмечен естественный нерест кеты.

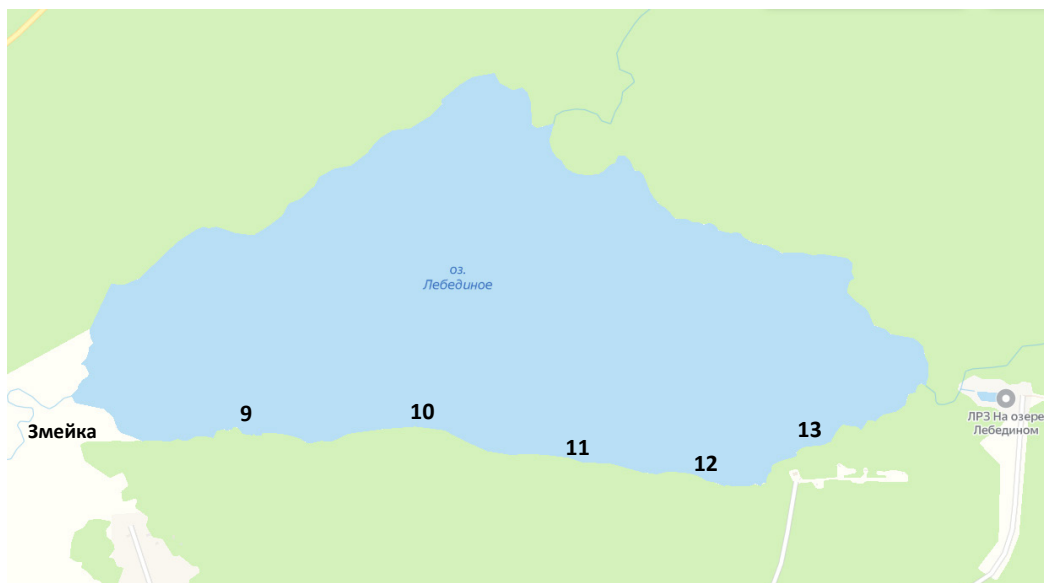


Рис. 1. Схематическая карта оз. Лебединого. Указано расположение станций 9–13, в районе которых производили отлов рыб в 2025 г.

Fig. 1. Scheme of Lake Lebedinoe. The area of stations 9–13 was surveyed in autumn 2025

Работы на озере проводили 20, 25, 29, 30 сентября, 7 и 10 октября. Обловы в основном осуществляли в районе всех отмеченных станций с несколькими исключениями и дополнениями. Так, 25 сентября и 10 октября не работали в районе станции 9. При этом 29 сентября сделали два замета у станции 11 (на расстоянии 30–40 м друг от друга), а 7 октября — по два замета у станций 11 и 12.

Отлов рыб, как и в предыдущие годы, проводили мальковым неводом (длина 20 м, высота 1,5 м, шаг ячеи в мотне 4 мм), который заводили на расстояние до 30 м от берега. После замета всех рыб помещали в пластиковые тазы, наполненные водой, после чего прижизненно проводили анализ улова, используя для этого металлические сачки. Каких-либо сборов или фиксаций материалов не проводили, рыб всех видов живыми возвращали в озеро.

Результаты и их обсуждение

Видовой состав ихтиоценоза в оз. Лебедином в сентябре-октябре был крайне многочисленным. Не менее 95 % всех рыб в озере было представлено амурской девятииглой колюшкой *Pungitius sinensis* (рис. 2, А). Вообще практически весь улов в районе каждой из станций и в течение всего периода исследования был представлен именно девятииглой колюшкой с добавлением (до 3–5 %) молоди крупночешуйной

красноперки-угая *Tribolodon hakonensis* (рис. 2, Б). Молодь красноперки была разного размера — визуально от 50–100 мг до 5–6 г. Более крупные экземпляры красноперки были отмечены только один раз — 7 октября в замете около 10-й станции попались 3 экз. массой не более 100 г. Помимо двух видов рыб в невод массово попадались креветки *Palaemon paucidens* (рис. 2, В) и мизиды *Neomysis awatschensis* (рис. 2, Г).



Рис. 2. Большая часть улова на каждом участке оз. Лебединого в сентябре — начале октября 2025 г. состояла из амурской девятиглай колюшки (А) с незначительным (не более 3–5 %) пополнением молоди крупночешуйной красноперки-угая (Б), а также с большим пополнением креветки (В) или мизид (Г). Пояснение в тексте

Fig. 2. Typical species composition of the catches in Lake Lebedinoe in September — early October 2025: А — amur stickleback, Б — juvenile big-scaled redbfin (no more than 3–5 %), В — shrimps, Г — mysids. See details in the text

В целом можно подытожить, что какого-либо закономерного изменения численности рыб двух массовых видов в улове не отметили ни в течение сезона работ, ни

у разных станций вдоль береговой полосы. Численность колюшки неизменно была высокой, а доля молоди красноперки на разных участках — сходной. При этом концентрация двух массовых видов ракообразных при визуальной оценке изменялась. Так, мизиды в большом количестве попадались в районе станций 9 и 13, тогда как число креветок на этих участках было невелико. Напротив, в центральной части береговой полосы в районе станций 10 и 11 мизид практически не было, а креветки были настолько многочисленными, что их биомасса была не меньше биомассы девятииглой колюшки.

Все остальные виды рыб в улове присутствовали штучно, и можно полагать, что их численность вдоль береговой полосы озера была относительно невелика. Третьим по встречаемости видом рыб была японская малоротая корюшка *Hypomesus nipponensis*. Она попала в улов невода в 18,7 % заматов, т.е. является здесь весьма малочисленной [Зеленников и др., 2016], но если попадалась, то сразу в значительном количестве (рис. 3, А). Например, 29 сентября в районе станции 12 одновременно поймали 22 экз. На следующий день в этом месте не встретилось ни одного экземпляра корюшки, зато в замате у станции 13 добыли 18 особей. Не исключено, что малоротая корюшка в озере, во-первых, была немногочисленной, а во-вторых, не была приурочена к конкретному участку, стайками перемещаясь по озеру. Интересно отметить, что одновременно попадающие в невод экземпляры корюшки были разного размера, присутствовали даже особи до 3 см длиной (рис. 3, Б).

Помимо амурской девятииглой колюшки, крупночешуйной красноперки-угая, японской малоротой корюшки штучно, но практически в улове каждого невода присутствовали особи кольчатого дальневосточного бычка *Gymnogobius urotaenia* (рис. 3, В). И наконец, в текущем году были пойманы представители видов, которых ни мы ранее, ни другие исследователи в озере еще не обнаруживали. Так, в улове 20 сентября около станции 11 зафиксирован малек серебряного карася *Carassius gibelio* (рис. 3, Г). Штучно, но в разные дни и в разных участках озера в уловах присутствовали молодые особи звездчатой камбалы *Platichthys stellatus* (рис. 3, Д). Камбал в озере за два года исследований мы также до сих пор не видели. Представители видов, которых мы в другие сезоны ловили в озере: трехиглая колюшка *Gasterosteus aculeatus*, кунджа *Salvelinus leucomaenis* и молодь симы *Oncorhynchus masou* — в уловах не встретились.

Что касается тайменя, то ранее мы установили, что в августе молодь этого вида при сравнительно высокой температуре воды (около и более 20 °C) концентрируется в местах выхода грунтовых вод [Зеленников, Семенов, 2025]. В текущем году дневная температура воздуха практически до конца сентября была выше 20 °C. В результате и температура воды на поверхности озера была до 18 °C до 20 сентября и до 16–18 °C до 29 сентября. И если 30 сентября 2024 г. при разовом обследовании озера мы уже обнаружили выход молоди тайменя в прибрежную полосу, то в 2025 г. отметили это только с 7 октября (рис. 4), когда температура воды в устье ручья Рыбоводного опустилась до 8,0 °C, а самая высокая поверхностная температура воды в озере — до 14,1 °C.

Обсуждая полученные данные, в первую очередь отметим, что в озере, помимо всех перечисленных выше видов рыб, присутствовали производители горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* и кеты *O. keta*, идущие к «своим» нерестилищам и возвращающиеся в район завода. Именно в 2025 г. половозрелые особи обоих видов в озере присутствовали штучно, были отмечены нами визуально, но в невод при проведении обловов не попали. Говоря о формировании кормовой базы для молоди тайменя, следует заметить, что в озере в сентябре — начале октября наблюдается крайне низкое видовое разнообразие рыб. Фактически улов на каждой станции и в течение всего периода исследований состоял из амурской (китайской) девятииглой колюшки, которая на южных Курильских островах представлена наибольшим количеством пресноводных озерных популяций с высокой численностью особей [Пичугин и др., 2004]. Дополняют колюшку в большом количестве креветка и мизиды и незначительно молодь крупночешуйной красноперки. Вместе с тем все перечисленные объекты для тайменя являются пищей



Рис. 3. Редкие представители ихтиофауны в биоценозе оз. Лебединого: японская малоротая корюшка (А) с экземплярами малого размера (Б), дальневосточный бычок (В), карась серебряный (Г), звездчатая камбала (Д)

Fig. 3. Rare fish species in the biocenosis of Lake Lebedinoe: А, Б — smelt *Hypomesus nipponensis*, В — goby *Gymnogobius urotaenia*, Г — carp *Carassius gibelio*, Д — flounder *Platichthys stellatus*

[Бушуев, 1983; Соков, 1998; Зеленников, 2025], а их численность в озере представляется весьма значительной. Можно полагать, что и кормовая база для тайменя также является весьма обильной. Последнее утверждение мы формулируем с учетом того, что в озере фактически отсутствуют потребители для наличного кормового ресурса.



Рис. 4. Самый крупный (около 3 кг) экземпляр молоди тайменя, пойманный в оз. Лебедином в 2025 г.

Fig. 4. The largest (about 3 kg weight) specimen of juvenile huchen caught in Lake Lebedinoye in 2025

Во-первых, в озере нет крупных особей краснопёрки, это притом, что в самой р. Курилка, в бассейне которой находится озеро, крупная краснопёрка в период проведения нами работ присутствовала и была объектом любительского лова. Здесь следует отметить, что и в мае-июне крупные особи краснопёрки также были выявлены нами штучно [Зеленников, Семенов, 2023, 2025]. Во-вторых, мы совсем не увидели кунджи и молоди симы, которые в мае-июне хоть единично, но попадались.

В завершение отметим новые для фауны оз. Лебединого виды рыб. Серебряный карась в водоемах о. Итуруп является видом-интродуцентом [Ключарева, 1964]. Обнаружение нами малька карася наглядно свидетельствует о том, что его размножение, возможно и крайне малочисленное, в озере точно осуществляется. Отлов молоди звездчатой камбалы — типично морского вида — в пресной воде не является удивительным событием. Хорошо известно проникновение молоди морских камбал в пресную воду и на более значительное расстояние, чем на 5,0–5,5 км, как в данном случае. Удивительным, скорее, является тот факт, что ни мы, ни другие авторы молодь камбал в ихтиофауне оз. Лебединого ранее не отмечали.

Заключение

Подытоживая полученные факты и высказанные соображения, полагаем, что условия для обитания молоди тайменя в оз. Лебедином в первой половине осени являются благоприятными. Мы видим, что в озере в массе обитают представители рыб и ракообразных, которые по данным литературы являются объектами питания для молоди тайменя. С другой стороны, мы не видим в этот период, как, впрочем, и в другое время, значительного числа особей, которые могли бы составить для молоди тайменя значительную пищевую конкуренцию. В октябре, когда в обычные годы в озеро заходят на нерест производители кеты, температура воды уже существенно понижается. Представляется очевидным, что проникновение в озеро (а также транзитом через

озеро в ручей Рыбоводный) особей преднерестовой кеты только повысит для тайменя кормовую базу, например за счет потери икры самками при их миграции через озеро в ручей Рыбоводный и нересте в самом озере.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают благодарность директору Курильского рыбоводного завода Е.В. Куклиной-Родионовой и работнику предприятия А.В. Генслеру за помощь в организации и проведении работ, а также заведующему лабораторией ТИНРО Е.И. Барабанщикову за определение видов рыб и ракообразных.

The authors are grateful to E.V. Kuklina-Rodionova, director of Kuril fish hatchery, and to A.V. Gensler, the same hatchery employee, for their assistance in organizing and conducting the study. Special thanks to E.I. Barabanshchikov (TINRO), who identified the species of fish and crustaceans.

Финансирование работы (FUNDING)

Исследование не имело спонсорской поддержки.

The study had no sponsor funding.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Во время исследования работали только с живой рыбой. Фиксацию рыб, их измерение или взвешивание не проводили. Отмечали факт поимки, отдельных рыб выборочно фотографировали, выборочно прижизненно подсчитывали и всех особей выпускали живыми.

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Live fish only were investigated. The fish were not fixed, measured, or weighed. Cases of catch were recorded, individual fish were selectively photographed and counted while alive, and all caught fish and crustaceans were released alive.

The authors declare that they have no conflict of interest.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

Оба автора совместно проводили обловы и анализировали данные. О.В. Зеленников подготовил материалы к печати и написал статью.

Both authors jointly seined the fish, processed the catches, and analyzed the data. O.V. Zelennikov prepared the materials for publication and wrote and illustrated the text.

Список литературы

Бушуев В.П. Биология тайменя *Nucho perryi* (Brevoort) из реки Киевка (Южное Приморье) // Экология и систематика пресноводных организмов Дальнего Востока. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1983. — С. 61–72.

Зеленников О.В. Сахалинский таймень *Parahucho perryi*: особенности строения, распространения, численности и биологии // Изв. ТИНРО. — 2025. — Т. 205, вып. 2. — С. 249–283. DOI: 10.26428/1606-9919-2025-205-249-283. EDN: BYJLTT.

Зеленников О.В., Погодин В.П., Отставная Е.Г. Распределение молоди тихоокеанских лососей и сопутствующих видов рыб в озере Сопочное (остров Итуруп) // Биол. моря. — 2016. — Т. 42, № 2. — С. 153–155.

Зеленников О.В., Семенов Р.А. Новые сведения об условиях обитания и состоянии популяции сахалинского тайменя *Parahucho perryi* в озере Лебединое (о. Итуруп) // Изв. ТИНРО. — 2025. — Т. 205, вып. 1. — Р. 39–53. DOI: 10.26428/1606-9919-2025-205-39-53. EDN: YOGVMN.

Зеленников О.В., Семенов Р.А. О состоянии ихтиофауны озера Лебединого (остров Итуруп) в связи с функционированием лососевых рыбоводных заводов // Изв. ТИНРО. — 2023. — Т. 203, вып. 3. — С. 490–498. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-490-498. EDN: АВРІНО.

Ключарева О.А. Материалы по ихтиофауне и рыбному хозяйству озер Южного Сахалина // Озера Южного Сахалина и их ихтиофауна. — М. : МГУ, 1964. — С. 223–266.

Пичугин М.Ю., Сидоров Л.К., Стыгар В.М. Биологические и морфологические особенности девятииглых колюшек рода *Pungitius* (Gasterosteiformes) Курильских островов // *Вопр. ихтиол.* — 2004. — Т. 44, № 1. — С. 15–26. EDN: OTVQNV.

Рыбы Курильских островов / под ред. О.Ф. Гриценко. — М. : ВНИРО, 2012. — 384 с.

Сидоров Л.К., Пичугин М.Ю. Состав ихтиофауны и особенности биологии рыб южных Курильских островов в связи с абиотическими условиями и происхождением водоемов // *Тр. ВНИРО.* — 2005. — Т. 144. — С. 151–175. EDN: TNGIXP

Соков Д.В. Сахалинский таймень *Hucho perryi* (Brevoort) острова Кунашир // *Вестн. Сахалинского музея.* — 1998. — № 1(5). — С. 333–336. EDN: VPUOSL.

Шедько С.В. Обзор пресноводной ихтиофауны // *Растительный и животный мир Курильских островов (материалы Международного Курильского проекта).* — Владивосток : Дальнаука, 2002. — С. 118–134.

References

Bushuev, V.P., Biology of taimen *Hucho perryi* (Brevoort) from the Kievka River (Southern Primorye), in *Ekologiya i sistematika presnovodnykh organizmov Dal'nego Vostoka* (Ecology and systematics of freshwater organisms of the Far East), Vladivostok: Dal'nevost. Nauchn. Tsentr Akad. Nauk SSSR, 1983, pp. 61–72.

Zelennikov, O.V., The Sakhalin Taimen, *Parahucho perryi*: Features of its Morphology, Distribution, Abundance, and Biology, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2025, vol. 51, no. 7, pp. 457–475. doi 10.1134/S1063074025700361. EDN: ILJBFC

Zelennikov, O.V., Pogodin, V.P., and Otstavnaya, E.G., The distribution of juvenile pacific salmon and associated fish species in Lake Sopochnoye, Iturup Island, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2016, vol. 42, no. 2, pp. 190–192. doi 10.1134/S1063074016020139

Zelennikov, O.V. and Semenov, R.A., New data on habitat conditions and the state of Japanese huchen *Parahucho perryi* population in Lake Lebedinoe (Iturup Island), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2025, vol. 205, no. 1, pp. 39–53. doi 10.26428/1606-9919-2025-205-39-53. EDN: YOGVMN

Zelennikov, O.V. and Semenov, R.A., On state of the ichthyocene in Lake Lebedinoe (Iturup Island) in connection with functioning of salmon hatcheries, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2023, vol. 203, no. 3, pp. 490–498. doi 10.26428/1606-9919-2023-203-490-498. EDN: ABPIHO

Klyuchareva, O.A., Materials on the ichthyofauna and fisheries of the lakes of South Sakhalin, in *Ozera Yuzhnogo Sakhalina i ikh ikhtiofauna* (Lakes of South Sakhalin and their ichthyofauna), Moscow: Mosk. Gos. Univ., 1964, pp. 223–266.

Pichugin, M.Yu., Sidorov, L.K., and Stygar, V.M., Biological and morphological characteristics of three-spined sticklebacks of the genus *Pungitius* (Gasterosteiformes) from Kuril Islands, *J. Ichthyol.*, 2004, vol. 44, no. 1, pp. 15–26. EDN: OTVQNV

Ryby Kuril'skikh ostrovov (Fishes of the Kuril Islands), Gritsenko, O.F., ed., Moscow: VNIRO, 2012.

Sidorov, L.K. and Pichugin, M.Yu., The composition of the ichthyofauna and the peculiarities of the biology of fish of the southern Kuril Islands in connection with abiotic conditions and the origin of water bodies, *Tr. Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2005, vol. 144, pp. 151–175. EDN: TNGIXP

Sokov, D.V., Sakhalin taimen *Hucho perryi* (Brevoort) of Kunashir Island, *Vestnik Sakhalinskogo muzeya*, 1998, no. 1(5), pp. 333–336.

Shedko, S.V., The review of the freshwater ichthyofauna, in *Flora and fauna of Kuril Island (materials of International Kuril Island Project)*, Vladivostok: Dal'nauka, 2002, pp. 118–134.

Поступила в редакцию 27.10.2025 г.

После доработки 9.02.2026 г.

Принята к публикации 6.03.2026 г.

The article was submitted 27.10.2025; approved after reviewing 9.02.2026;
accepted for publication 6.03.2026

Научная статья

УДК 597.552.511

DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-119-148

EDN: QMYFHG



**СИМА *ONCORHYNCHUS MASOU* (SALMONIDAE)
И КИЖУЧ *ONCORHYNCHUS KISUTCH* (SALMONIDAE)
В БАССЕЙНЕ КУЧЕЛИНОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА
(ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)**

В.В. Цыгир*Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

Аннотация. В р. Кучелинова выше Кучелиновского водохранилища 15 июля 1987 г. были выпущены сеголетки (0+) кижуча *Oncorhynchus kisutch* (19,45 тыс. экз.) и симы *Oncorhynchus masou* (3,0 тыс. экз.). Молодь обоих видов была доставлена с Рязановского экспериментально-производственного лососевого рыбозаводного завода. Приводятся результаты исследований вышеуказанных видов в 1987–1991 и 2020–2025 гг. в бассейне Кучелиновского водохранилища.

Ключевые слова: сима, *Oncorhynchus masou*, кижуч, *Oncorhynchus kisutch*, озерная форма, изображения чешуи, возраст, численность

Для цитирования: Цыгир В.В. Сима *Oncorhynchus masou* (Salmonidae) и кижуч *Oncorhynchus kisutch* (Salmonidae) в бассейне Кучелиновского водохранилища (Приморский край) // Изв. ТИНРО. — 2026. — Т. 206, вып. 1. — С. 119–148. DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-119-148. EDN: QMYFHG.

Original article

**Masu *Oncorhynchus masou* (Salmonidae) and coho *Oncorhynchus kisutch*
(Salmonidae) salmon in the basin of Kuchelinovskoye Reservoir
(Primorsky Region)**

Victor V. TsygirPacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia
chief specialist, victor.tsygir@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0002-1375-586X

Abstract. Yearlings (0+) of coho salmon *Oncorhynchus kisutch* (19450 ind.) and masu salmon *Oncorhynchus masou* (3000 ind.) were released into the Kuchelinovskoye Reservoir on July 15, 1987. The juveniles of both species were transported from the Ryzanovsky Experimental Salmon Hatchery. Results of these species monitoring in the basin of reservoir in 1987–1991 and 2020–2025 are presented.

Keywords: masu salmon, *Oncorhynchus masou*, coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, lacustrine form, scale image, age of fish, fish abundance

* Цыгир Виктор Валентинович, главный специалист, victor.tsygir@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0002-1375-586X.

© Цыгир В.В., 2026

For citation: Tsygir V.V. Masu *Oncorhynchus masou* (Salmonidae) and coho *Oncorhynchus kisutch* (Salmonidae) salmon in the basin of Kuchelinovskoye Reservoir (Primorsky Region), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2026, vol. 206, no. 1, pp. 119–148. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-119-148. EDN: QMYFHG.

Введение

Сима и кижуч образуют озерные формы, которые не мигрируют в море, и весь их жизненный цикл проходит в пресных водах бассейнов озер или водохранилищ. Озерные самовоспроизводящиеся популяции симы известны в основном из водохранилищ и озер Японии [Osanai, 1962; Honda et al., 1980, 1981, 1983a, b; Kataoka et al., 1984; Tamate, Maekawa, 2000; Yamaguchi et al., 2000; Morita, 2018]. Нерест озерной формы вида происходит в реках, куда проходная часть производителей мигрирует от мест нагула и созревания в водохранилищах вверх по течению к местам нереста во впадающие в эти водоемы реки. По причине характера нерестовой миграции (вверх против течения реки) многие авторы называют такую форму симы озерной проходной формой (lake-run form), в отличие от морской проходной формы (sea-run form) [Tamate, Maekawa, 2000; Yamaguchi et al., 2000; Цыгир и др., 2025; и др.].

В литературных источниках сообщалось об образовании самовоспроизводящихся популяций симы в бассейнах двух водохранилищ Приморского края — Седанкинского и Артемовского, расположенных на реках Седанка (Пионерская) и Артемовка* [Моисеев, 1957; Акулин и др., 1984; Цыгир, Иванков, 1987; Цыгир, 1990]. Известно также, что нерест симы в бассейнах Кучелиновского и Петровского водохранилищ, а также водохранилища на р. Волчанка наблюдался в течение непродолжительных периодов после строительства плотин и образования водохранилищ. Через несколько лет после образования водохранилищ воспроизводство данного вида в их бассейнах прекратилось. Кроме того, сообщалось о вселении симы в Дачинское водохранилище (бассейн р. Усури) и неоднократном успешном** ее нересте в бассейне этого водохранилища [Цыгир и др., 2025].

Озерные самовоспроизводящиеся популяции кижуча известны из нескольких озер Камчатского края [Двинин, 1949; Куренков, 1977; Куренков и др., 1982; Токранов, 2014; Красная книга Камчатского края, 2018; Кириллова и др., 2021] и Магаданской области [Волобуев, Марченко, 2011; Кириллова и др., 2021]. Кроме того, воспроизводство озерного кижуча наблюдалось в бассейне оз. Тунайча на о. Сахалин. Это стало возможным из-за выпуска молоди кижуча с Охотского ЛРЗ в бассейн озера [Любаев, 2002]. Однако впоследствии воспроизводство жилого кижуча в бассейне оз. Тунайча прекратилось [Кириллова и др., 2021], и по данным сотрудников СахНИРО в настоящее время он там не воспроизводится [персональное сообщение В.Д. Никитина].

Как правило, нерест кижуча происходит в реках. Однако, в отличие от симы, он нерестится не только в реках, но и в бессточных озерах [Двинин, 1949; Красная книга Камчатского края, 2018; Кириллова и др., 2021].

В июле 1987 г. сотрудниками лаборатории экологии и воспроизводства лососей ТИНРО была подготовлена и осуществлена экспериментальная перевозка молоди кижуча и симы из Рязановского экспериментально-производственного лососевого рыбопроизводного завода (далее — ЭПЛРЗ) в р. Кучелинова Падь (далее — р. Кучелинова) выше водохранилища с целью возможного образования в бассейне Кучелиновского водохранилища пресноводных (жилых) популяций вышеуказанных видов.

Причиной перевозки молоди кижуча и симы из Рязановского ЭПЛРЗ 15 июля 1987 г. было предстоящее прекращение подачи воды во второй половине июля 1987 г. на заводе в бассейны, в которых содержалась молодь данных видов. Подача воды в

* До 1972 г. река Артемовка называлась Майхэ (Майхе).

** Успешным нерестом лососей в данной работе считается нерест, в результате которого вылупилась из икры и вышла из нерестовых бугров молодь нерестовавшего вида лососей.

бассейны с молодьё прекращалась до начала закладки оплодотворенной икры кеты на инкубацию осенью 1987 г. Поэтому дальнейшее выращивание кижуча и сима, а также какие-либо работы с этими видами на Рязановском ЭПЛРЗ стали невозможны.

До 1987 г. работы по вселению молоди лососей в бассейны водохранилищ в Приморском крае не проводились. Как сообщалось выше, ко времени подготовки перевозки молоди кижуча и сима в бассейн Кучелиновского водохранилища (июль 1987 г.) было известно об образовании двух самовоспроизводящихся популяций озерной сима в бассейнах Седанкинского и Артемовского водохранилищ. Кроме того, по опросным сведениям, полученным в 1980-е и 1990-е гг., было известно, что после завершения строительства плотины в 1960 г. на р. Кучелинова выше водохранилища отмечались пестрятки сима. Они обитали там в течение нескольких лет после строительства плотины, когда проходные производители сима уже не могли ее преодолевать и, соответственно, нереститься в реке выше водохранилища. Следовательно, в течение нескольких лет после строительства плотины в бассейне Кучелиновского водохранилища происходил нерест озерной сима, которая нагуливалась и созревала в водохранилище.

Однако с начала 1970-х гг. пестрятки сима в р. Кучелинова выше водохранилища уже не встречались*. Наиболее вероятной причиной этого является отсутствие успешного нереста данного вида в реке выше плотины в течение не менее двух лет. Это могло произойти как в результате прекращения нереста выше водохранилища, так и в результате гибели всей отложенной икры сима по причине пересыхания воды в реке в осенне-зимний период из-за экстремальной ее маловодности во 2-й половине 1960-х гг.

В связи с информацией об обитании сима в бассейне Кучелиновского водохранилища на протяжении нескольких лет в 1960-е гг., в 1987 г. предполагалось, что бассейн Кучелиновского водохранилища в совокупности с впадающей в него р. Кучелинова может быть пригодным для воспроизводства данного вида и образования в бассейне водохранилища популяции озерной формы сима. Предполагалось, что нерест будет происходить в реке, нагул самок — в водохранилище, а созревание самцов — как в реке на стадии пестрятки, так и водохранилище. Подобная схема жизненных циклов озерной сима известна для бассейнов Артемовского и Седанкинского водохранилищ [Цыгир, Иванков, 1987; Цыгир, 1990], первое из которых расположено в бассейне той же р. Артемовки — на расстоянии около 12 км от Кучелиновского водохранилища в северном направлении.

Бассейн Кучелиновского водохранилища (Россия, Приморский край, Шкотовский муниципальный округ) состоит из водохранилища и впадающей в него р. Кучелинова (с притоками). Водохранилище расположено на р. Кучелинова Падь, которая является левым нижним притоком р. Артемовка. Карта-схема водохранилища представлена на рис. 1.

Целью работы было описание истории вселения сима и кижуча в бассейн Кучелиновского водохранилища в июле 1987 г., включая неопубликованные данные о происхождении молоди вышеуказанных видов, выпущенной в р. Кучелинова выше плотины, а также результаты последующих исследований этих видов в вышеуказанном бассейне с 1987 по 2025 г.

Материалы и методы

Река Кучелинова является левым нижним притоком р. Артемовка, имеет протяженность около 37 км. В 1950-х гг. на реке была построена плотина для образования Кучелиновского водохранилища с целью снабжения водой Артемовской ТЭЦ. Плотина перекрывает реку примерно в 6 км от места впадения р. Кучелинова в р. Артемовка. Строительство плотины завершено в 1960 г. Площадь поверхности Кучелиновского водохранилища составляет около 0,83 км², длина водохранилища — около 2 км, средняя ширина — 0,4–0,5 км, максимальная ширина — 530 м. Максимальная глубина водо-

* Информация получена в 1980-е гг. по опросным данным рыболовов-любителей.

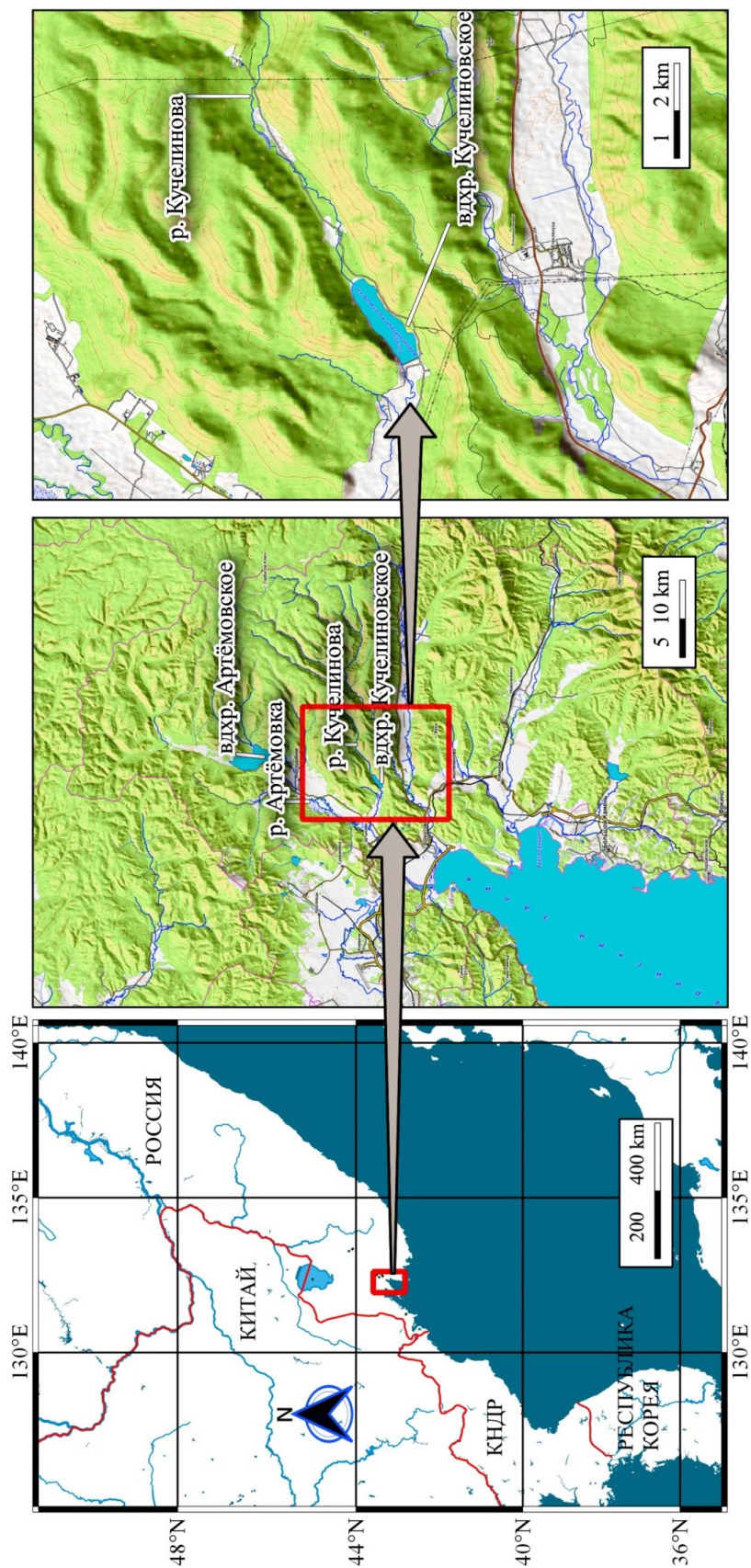


Рис. 1. Карта-схема расположения Кучелиновского и Артемовского водохранилищ
Fig. 1. Scheme of the Kuchelinskoye and Artemovskoye Reservoirs

хранилища в районе плотины достигает 15 м, максимальная высота плотины — 19 м, длина по гребню плотины — 388 м. Высота слива воды из плотины — около 7 м, его конструкция исключает возможность подъема по нему проходных рыб с участков, расположенных ниже плотины в бассейн Кучелиновского водохранилища.

Оплодотворенная икра симы была получена автором настоящего сообщения в результате искусственного оплодотворения икры проходных самок спермой проходных самцов, а также созревших в реке на стадии пестрятки* самцов симы. Все производители симы (как проходные, так и карликовые) были отловлены в р. Рязановка в сентябре 1986 г. Длина тела по Смитту (АС) проходных самок варьировала от 508 до 638 мм, средняя длина составила 575 ± 6 мм ($N = 27$). Длина тела проходных самцов варьировала от 520 до 630 мм и в среднем составила 571 ± 16 мм ($N = 8$). Длина тела половозрелых самцов-пестряток варьировала от 110 до 173 мм и в среднем составила 145 ± 4 мм ($N = 23$). Проходные производители были в возрасте 1.1+ и 2.1+**, половозрелые самцы-пестрятки — в возрасте 1+ и 2+ (включая 1+SM+)***. Икру нескольких самок разделили на две примерно равные части. Одну часть икры оплодотворили спермой проходных самцов, другую — спермой карликовых самцов. Таким образом был поставлен эксперимент по сравнению выживаемости и скорости развития икры симы, оплодотворенной спермой проходных и карликовых самцов [Романов, 1986****; Цыгир, Зайцев, 1988].

Оплодотворенная икра кижуча на стадии пигментации глаз была доставлена 18 декабря 1986 г. с Паратунской экспериментальной базы КоТИНРО (Камчатка, бассейн р. Паратунка) на Рязановский ЭПЛРЗ [Романов, 1987*****], где осуществили ее доинкубацию и последующее выращивание молоди вплоть до 15 июля 1987 г.

До перевозки в бассейн Кучелиновского водохранилища сеголетки симы и кижуча в 1987 г. содержались в бассейнах Рязановского ЭПЛРЗ. Молодь кижуча предназначалась для экспериментального выращивания в морских садках в возрасте 1+ с целью разработки биотехники садкового выращивания кижуча в бухтах южного Приморья [Романов, 1987*****]. Молодь симы предполагалось выпустить в реку Рязановка после мечения путем удаления жирового плавника и достижения стадии смолтификации в возрасте 1+ в 1988 г.

После вылупления личинок и поднятия на плав молодь симы и кижуча кормили сухими гранулированными кормами. Ко времени перевозки в бассейн Кучелиновского водохранилища в июле 1987 г. средняя масса тела сеголеток кижуча составляла 1,5–1,7 г, а сеголеток симы — 2,0–2,5 г. Малая масса тела рыб обоих видов лососей была связана с низкой температурой воды в период инкубации икры и выращивания молоди на Рязановском ЭПЛРЗ.

* Половозрелых самцов-пестряток симы называют также карликовыми [Берг, 1926; Крыхтин, 1962], неотеническими [Иванков, Броневский, 1978], скороспелыми (presocius) и остаточными (resident) [Utoh, 1976, 1977].

** Цифра до точки означают количество зим, прожитых рыбой в реке, цифра после точки — количество зим, прожитых в море. Знак «+» — прирост без формирования годового кольца.

*** SM — наличие нерестовых марок (spawning mark) на чешуе некоторых созревших на стадии пестрятки самцов симы возраста 2+, которые соответствуют также второму годовому кольцу.

**** Романов Н.С. Разработка биологических основ управляемого лососевого хозяйства на базе заводских популяций рыб. Материалы по влиянию самцов симы на биологические показатели потомства : отчет о НИР (промежуточный) / ТИНРО. № ГР 01823005274; Инв. № 0287.0 039753. Владивосток, 1986. 17 с.

***** Романов Н.С. Совершенствование биотехники искусственного разведения тихоокеанских лососей. Материалы по пресноводному выращиванию и адаптации молоди кижуча к морской воде: отчет о НИР (промежуточный) / ТИНРО. № ГР 01822005315; Инв. № 028.80 017653. Владивосток, 1987. 29 с.

15 июля 1987 г. на Рязановском ЭПЛРЗ около 20 тыс. экз. молоди кижуча и 3 тыс. экз. симы были помещены в герметичные полиэтиленовые мешки* объемом около 30 л каждый, которые были заполнены примерно на $\frac{1}{3}$ 10 л воды (включая молодь лососей), а оставшуюся свободную часть мешков наполнили кислородом. После наполнения кислородом мешки с молодь лососей были герметично завязаны, после чего они были доставлены с Рязановского ЭПЛРЗ на вертолете МИ-2 (двумя авиарейсами) до р. Кучелинова — примерно в 3,6 км выше места впадения реки в водохранилище. Продолжительность каждого из двух перелетов на вертолете МИ-2 от Рязановского ЭПЛРЗ до места выпуска составила около 60 мин. Карта-схема перевозки представлена на рис. 2. После каждого из двух авиарейсов молодь кижуча и симы была выпущена в реку.

Температура воды в мешках с рыбой после перевозки равнялась 15,5 °С, в реке в месте выпуска — 13,5 °С. Отход молоди кижуча в результате перевозки составил около 550 рыб, отход молоди симы был единичным. Количество выпущенной в реку молоди — около 19,45 тыс. экз. молоди кижуча и 3,0 тыс. экз. симы.

Наблюдения за выпущенной молодь симы и кижуча силами сотрудников лаборатории экологии и воспроизводства лососей ТИНРО проводили в 1987–1991 гг. В р. Кучелинова выше водохранилища молодь отлавливали неводом длиной 8 м с шагом ячеи 8 × 8 мм, в водохранилище — ставными жаберными сетями с шагом ячеи 20 × 20 мм, 30 × 30 мм и 36 × 36 мм. Измерения рыб выполнены по методике И.Ф. Правдина [1966], чешую для определения возраста брали выше боковой линии между спинным и жировым плавниками [Clutter, Whitesel, 1956; MacLellan, 1987, 2004].

Исследования в р. Кучелинова выше водохранилища не проводились с 1992 по 2019 г., но они были возобновлены в 2020 г. в виде визуальных наблюдений, а в 2021–2025 гг. — с подводными наблюдениями с использованием подводной видеосъемки** без изъятия рыб. Видеокамеры устанавливались на штангу. Съемка производилась, как правило, в разрешении 4К (3840 × 2160 пикселей). Впоследствии на персональных компьютерах изучали видеозаписи на мониторах размером 28". В случае обнаружения особей симы визуально оценивали их длину тела (в см). Карликовых самцов (половозрелых самцов-пестряток) учитывали по возможности отдельно от молоди (неполовозрелых пестряток).

С 2021 по 2025 г. выполнено девять пеших маршрутов на вышеуказанном участке реки с подводными наблюдениями при помощи видеокамер***. В случае встреч с рыбаками-любителями на р. Кучелинова****, их улов осматривали, при наличии в уловах особей симы ее измеряли и брали образцы чешуи.

В работе также использована поступившая автору информация о случаях наблюдений и поимки особей симы в бассейне Кучелиновского водохранилища, подтвержденная фотографиями (14 фото) и образцами (11 экз.).

* Записи с указанием точного количества мешков перевезенной молоди по видам не сохранились. Оценки количества сделаны по воспоминаниям автора. Общее количество перевезенных мешков с молодь составило около 25. В 20 мешков была помещена молодь кижуча (в количестве около 1000 рыб на мешок), в 5 мешков — молодь симы (около 600 рыб на мешок).

** Использовались видеокамеры DJI Osmo, DJI Osmo Action 3, 4; GoPro 9, 11, 12; Insta360 Ace Pro и Ace Pro 2 (все камеры производства KHP).

*** Даты проведения исследований в р. Кучелинова выше Кучелиновского водохранилища в 2020 гг. (гггг-мм-дд): 2020-09-22, 2021-11-13, 2022-05-10, 2022-09-20, 2022-09-27, 2023-09-22, 2023-10-07, 2024-09-23, 2024-10-02, 2025-09-29.

**** Во время исследований в 2020–2025 гг. состоялось 6 встреч с рыбаками-любителями. Основной целью любительского лова в реке является ленок. Однако кроме ленка ловятся также голяны и сима. В трех случаях у рыбаков-любителей, помимо ленков, были также и особи симы (молодь и карликовые самцы). Трое рыбаков не имели в улове симы, но сообщили о предшествующих поимках и выпуске молоди симы в реку.

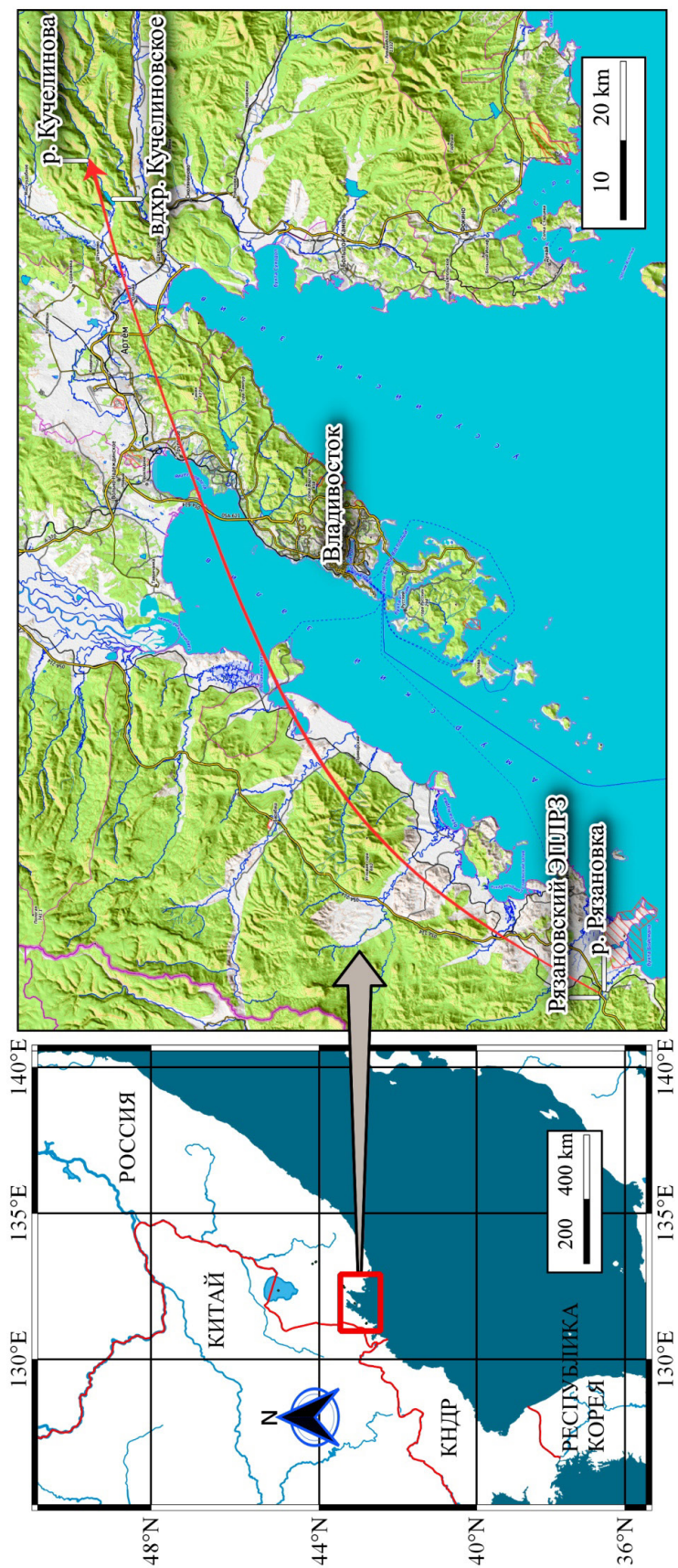


Рис. 2. Карта-схема маршрута авиатранспортировки молоди кижуча и симы из Рязановского ЭПЛРЗ до р. Кучелинова 15 июля 1987 г. Маршрут обозначен красной стрелкой

Fig. 2. Scheme of transportation of coho and masu salmon juveniles by helicopter from the Ryazanovsky Experimental Salmon Hatchery to the area of Kuchelinova River on July 15, 1987. The route is indicated by red arrow

Результаты и их обсуждение

Исследования в 1987 г. в р. Кучелинова. Первый контрольный отлов молодежи выполнили в р. Кучелинова выше водохранилища в год выпуска (1987 г.) молодежи в реку — 8 октября. Длина участка реки, на котором проводили обловы, составила около 3,5 км. Основное количество молодежи было обнаружено в месте ее выпуска. В реке было отловлено 9 неполовозрелых сеголеток (0+) симы длиной тела от 90 до 123 мм, их средняя длина тела составила $105,3 \pm 3,8$ мм, из которых было 4 самки (107 ± 6 мм, 90–120 мм) и 5 самцов (104 ± 5 мм, 90–123 мм). Гонады всех отловленных в реке пестряток симы находились на II стадии зрелости.

Кижуча на обловленных участках в реке обнаружено не было.

Присутствие молодежи симы в р. Кучелинова и отсутствие там молодежи кижуча через несколько месяцев после выпуска этих видов в реку в 1987 г. свидетельствовали о том, что условия в реке для молодежи кижуча по каким-то причинам оказались неблагоприятными. Вероятно, через какое-то время после выпуска молодежи кижуча в реку она скатилась в водохранилище. Причиной ската молодежи кижуча в водохранилище мог быть мощный паводок, произошедший вследствие тайфуна «Зелма», который достиг р. Кучелинова на следующий день после выпуска молодежи в реку (16 июля 1987 г.).

Судя по размерам тела сеголеток симы, отловленных в р. Кучелинова в октябре 1987 г., условия обитания в реке для молодежи симы после ее выпуска в реку в июле 1987 г. и до времени отлова в реке были благоприятными для ее роста.

Исследования в 1988 г. в бассейне Кучелиновского водохранилища. На следующий (1988) год после выпуска молодежи кижуча и симы в р. Кучелинова были проведены исследования в реке, а также выполнен контрольный лов жаберными сетями в Кучелиновском водохранилище.

Исследования в 1988 г. в р. Кучелинова*. 24 сентября 1988 г. в р. Кучелинова были проведены обловы неводом в реке, в результате которых были пойманы 4 пестрятки симы, в том числе три половозрелых самца с гонадами на V стадии зрелости и одна неполовозрелая самка (с гонадами на II стадии зрелости). Длина тела самцов составила 172 мм, 161 мм и 158 мм, масса тела — соответственно 72,6, 52,1 и 55,2 г. Длина тела самки — 155 мм, масса — 38,8 г. Возраст отловленных рыб был известен — 1+.

Исследования в 1988 г. в Кучелиновском водохранилище. После проведения исследований 24 сентября 1988 г. в реке выше водохранилища в дневное время в ночь с 24 на 25 сентября 1988 г. в Кучелиновском водохранилище в районе плотины осуществили контрольный лов жаберными сетями с шагом ячеи 20×20 мм, 30×30 мм и 36×36 мм. В результате были отловлены 4 экз. симы и 1 экз. кижуча. Биологические показатели пойманных симы и кижуча приводятся в табл. 1. Длина тела симы по Смитту (АС) варьировала от 277 до 364 мм, среднее значение длины составило 315 ± 19 мм. Масса тела симы варьировала от 270 до 638 г, среднее значение — 443 ± 82 г. Все четыре пойманных особи симы были неполовозрелыми самками (стадия зрелости гонад — II) (табл. 1).

Очевидно, что пойманные в водохранилище самки симы мигрировали в водохранилище осенью 1987 г. В водохранилище они приобрели серебристую окраску, соответствующую озерной форме, ведущей пелагический образ жизни. Однако поимка самки симы на стадии пестрятки в возрасте 1+ в том же (1988) году в реке (см. выше) свидетельствует о том, что часть самок симы не мигрировала сеголетками в водохранилище, а осталась на зимовку в реке, где они прожили до следующей осени и достигли возраста 1+.

Длина тела единственного выловленного в ночь 24–25 сентября 1988 г. кижуча составила 260 мм, масса тела — 289 г. Отловленный кижуч был неполовозрелым сам-

* Здесь и далее сообщается об исследованиях в р. Кучелинова выше Кучелиновского водохранилища.

Таблица 1

Биологические показатели озерной формы 4 экз. симы и 1 экз. кижуча
из Кучелиновского водохранилища (25 сентября 1988 г.)

Table 1

Biological indices for lacustrine forms of masu salmon (4 specimens) and coho salmon
(1 specimen) collected in the Kuchelinovskoye Reservoir on September 25, 1988

Показатель	Сима				Кижуч
Номер п/п	1	2	3	4	1
Длина тела по Смиту (АС), мм	364	322	297	277	260
Масса тела, г	638	509	354	270	289
Масса тела без внутренностей, г	575	456	318	245	252
Пол, стадия зрелости гонад	♀ II	♀ II	♀ II	♀ II	♂ II
Возраст	1+	1+	1+	1+	1+

цом (стадия зрелости гонад — II). Возраст всех отловленных в водохранилище особей симы и кижуча в 1988 г. был известен и соответствовал двухлеткам (1+).

Кроме симы и кижуча, в водохранилище в вышеуказанные даты были пойманы серебряный карась *Carassius gibelio** (90 экз. длиной тела 17–19 см) и ленок *Brachymystax tumensis*** (2 экз. длиной тела 17 и 29 см).

Исследования в 1989 г. в р. Кучелинова. Для нереста тихоокеанских лососей необходимо наличие половозрелых самок и самцов одного и того же вида на подходящем для нереста участке. Самки морской проходной симы в реках Приморья нерестятся в возрасте трех лет — 2+ (1.1+) и четырех лет — 3+ (2.1+) [Цыгир, 1988]. Морские проходные самки кижуча созревают в таком же возрасте (1.1+ и 2.1+) [Godfrey, 1965; Гриценко, 1973, 2002; Godfrey et al., 1975; Волобуев, Рогатных, 1982; Sandercock, 1991; Зорбиди, 2010; Марченко и др., 2013; Beamish et al., 2018; Марченко, 2022]. В бассейн Кучелиновского водохранилища было выпущено потомство морской проходной симы из р. Рязановка, самки которой в 1986 г. созрели в вышеуказанном возрасте. Самцы симы в реках южного Приморья на стадии пестрятки (речные или карликовые) могут созревать в более младшем возрасте: двухлетками (1+) и даже сеголетками (0+). Созревание самцов на стадии пестрятки в возрасте 0+ известно для морской проходной симы из бассейна р. Киевка [Иванков и др., 1984], р. Кедровая [персональное сообщение А.Ю. Семенченко], нескольких других рек бассейна зал. Петра Великого [неопубл. данные В.В. Цыгира], а также для жилой симы из р. Большая Седанка (бассейн Седанкинского водохранилища) [Цыгир, 1990].

В бассейне Артемовского водохранилища, расположенного примерно в 12 км севернее Кучелиновского водохранилища, самки озерной симы созревали в основном в возрасте трех (2+) и четырех лет (3+) [Цыгир, Иванков, 1987]. О случаях ее нереста в озерах и водохранилищах не сообщалось. Поэтому минимальным известным возрастом созревания самок данного вида для Приморья считается возраст 2+.

Нерест симы происходит в реках. О случаях ее нереста в озерах и водохранилищах не сообщалось. Что касается сроков нереста, в реках южного Приморья он происходит обычно в третьей декаде сентября. Для рек южного Приморья известны также случаи нереста симы в первой декаде октября и во второй декаде сентября. Нерест озерной формы в р. Солдатка, впадающей в Артемовское водохранилище, в 1980-е гг. происходил во второй половине сентября.

Предполагалось, что первый нерест симы и кижуча в бассейне Кучелиновского водохранилища может произойти через два года после выпуска молоди вышеуказанных

* На момент поимки данный вид карася указывался как *Carassius auratus gibelio* [Самуйлов, 1971].

** На момент поимки данный вид ленка указывался как *Brachymystax lenok* [Самуйлов, 1971].

видов в реку — осенью 1989 г. в р. Кучелинова, когда самки могли стать половозрелыми в возрасте 2+. С учетом этого, наблюдения на местах возможного нереста лососей в р. Кучелинова выше плотины были выполнены 23 сентября 1989 г. Мест нереста лососей и нерестовых бугров в реке обнаружено не было. Однако была обнаружена одна погибшая посленерестовая самка симы (сненка). Длина ее тела (AD) составила 480 мм, расчисленная длина ее тела AC — 514 мм*. Окрас тела посленерестовой рыбы был очень схож с посленерестовым окрасом самок морской проходной формы симы. Хвостовой плавник рыбы был утрачен в результате строительства нерестового бугра и закапывания икры, брюшные плавники были значительно истерты (рис. 3). В полости тела посленерестовой самки симы была обнаружена только одна остаточная икринка. Следовательно, практически вся икра была выметана и, вероятно, отложена в нерестовый бугор.



Рис. 3. Погибшая после нереста в р. Кучелинова выше водохранилища самка симы (найдена 23 сентября 1989 г.). Длина тела рыбы AD составила 480 мм; расчисленная длина тела по Смитту (AC) — 514 мм

Fig. 3. Female of masu salmon died after spawning and found in the Kuchelinova River above the reservoir on September 23, 1989 (body length AD 480 mm, calculated fork length AC 514 mm)

Возраст отнерестовавшей самки симы был известен и соответствовал трехлетке (2+). Изображение ее чешуи с пояснениями по оценке возраста рыбы представлено на рис. 4. В первой озерной зоне чешуи (на рис. 4 расположена между стрелками 2 и 3) образовалось 10 склеритов, во второй зоне (между стрелками 3 и 4) — 18 склеритов; в третьей зоне (между стрелками 4 и 5) — 12 склеритов, а в зоне роста в последнее лето жизни (после стрелки 5 к наружному краю) — 15 склеритов. Таким образом, в «холодные» периоды двух сезонов на чешуе образовалось 22 склерита, а в «теплые» — 33 склерита. «Холодный» период продолжается предположительно с середины октября по конец марта, а «теплый» — с начала апреля по середину октября. За весь период роста в водохранилище на чешуе образовалось более 55 склеритов, средняя скорость их формирования составила более 2,44 склерита в месяц**.

Созревание производителей и нерест кижуча происходит в более поздние месяцы по сравнению с симой. Исходя из сроков нереста кижуча в более позднее время, 20 ноября 1989 г. был выполнен пеший маршрут на участке до 4 км по реке вверх по течению

* Длина AD — от начала рыла до конца чешуйного покрова. Как правило, длина тела до развилки хвостового плавника (длина тела по Смитту (AC)) не может быть измерена у проходных посленерестовых самок тихоокеанских лососей, так как задняя часть их хвостового плавника рыб разрушается в результате копания нерестовых гнезд. Поэтому длина тела AC рассчитана по формуле $AC = 0,212 + 1,071 \times AD$ [Tsiger et al., 1994].

** Предполагали, что общая продолжительность роста данного экземпляра симы в водохранилище составила 22,5 мес. — с начала октября 1987 г. по середину августа 1989 г. С учетом того, что некоторое количество склеритов в последней зоне роста по наружному краю чешуи резорбировалось в результате нерестового истощения рыбы, их общее количество в вышеуказанной зоне, очевидно, было больше 55.



Рис. 4. Изображение чешуи посленерестовой озерной проходной самки сими известного возраста (2+), отнерестовавшей в р. Кучелинова выше водохранилища в сентябре 1989 г. Ближайшая к центру стрелка (1) указывает на зону сближенных склеритов (далее — ЗСС), сформировавшуюся в реке после перевозки с Рязановского ЭПЛРЗ и выпуска молоди в реку. Стрелка (2) указывает на предположительную границу осенней зоны роста в 1987 г., стрелка (3) указывает на ЗСС, сформировавшуюся предположительно весной 1988 г., стрелка (4) на ЗСС, сформировавшуюся осенью 1988 г., стрелка (5) на ЗСС, сформировавшуюся весной 1989 г. Данная рыба мигрировала из реки в водохранилище сеголеткой (0+), где прожила две зимы. Возраст рыбы с разделением на речной и озерный периоды жизни соответствует обозначению: 0+.2+

Fig. 4. The scale of postspawning lake-run masu salmon female of definitely known age 2+ spawned in the Kuchelinova River above the reservoir in September 1989 and found dead on September 23, 1989. The closest to the center arrow 1 indicates the zone of closely spaced circuli (CSC) formed after transportation from Ryazanovsky Experimental Salmon Hatchery and release into the river; the second from the center arrow 2 indicates the presumed boundary of autumn growth zone formed in 1987; the arrow 3 indicates CSC presumably formed in spring of 1988; the arrow 4 indicates CSC formed in fall of 1988; and the arrow 5 indicates CSC formed in spring of 1989. This female had migrated from the river to the reservoir as a yearling (0+) and spent there two winters. Dividing the river and lake periods of life, its age is 0+.2+

от места впадения р. Кучелинова в водохранилище с целью возможного обнаружения в реке производителей кижуча и (или) мест его возможного нереста. В результате наблюдений особи кижуча и места его нереста обнаружены не были.

Исследования в 1989 г. в Кучелиновском водохранилище. В ночь с 23 на 24 сентября 1989 г. в Кучелиновском водохранилище был проведен контрольный лов жаберными сетями, в результате которого был отловлен один экземпляр кижуча (рис. 5). Им оказался самец длиной тела 521 мм, массой тела 1 кг с гонадами на IV стадии зрелости. В соответствии со стадией зрелости гонад данный кижуч должен был нереститься в год поимки (осенью 1989 г.). Изображение чешуи данной особи кижуча представлено на рис. 6. Необходимо отметить, что все чешуи данного экземпляра имели значительные повреждения в центральной части.

Возраст пойманного самца кижуча, так же как и посленерестовой самки сими (найденной в р. Кучелинова 23 сентября 1989 г.), известен. После выпуска в реку 15 июля 1987 г. этот кижуч прожил в бассейне водохранилища две зимы и на время поимки был в возрасте трех лет (2+).

Еще один подобный самец кижуча длиной тела около 50 см был пойман в Кучелиновском водохранилище несколько раньше — в середине сентября 1989 г. сотрудниками Приморрыбвода.

Исследования в 1990 г. в р. Кучелинова. На следующий год (1990) после первого возможного нереста (в 1989 г.) производителей сими (и кижуча), выросших в Кучелинов-



Рис. 5. Самец кижуча, пойманный в Кучелиновском водохранилище у плотины (в ночь с 23 на 24 сентября 1989 г.). Длина тела — 521 мм, масса — 1 кг, стадия зрелости гонад — IV

Fig. 5. Coho salmon male caught in the Kuchelinovskoye Reservoir near the dam at night of September 23–24, 1989 (fork length 521 mm, body weight 1 kg, gonad maturity IV)

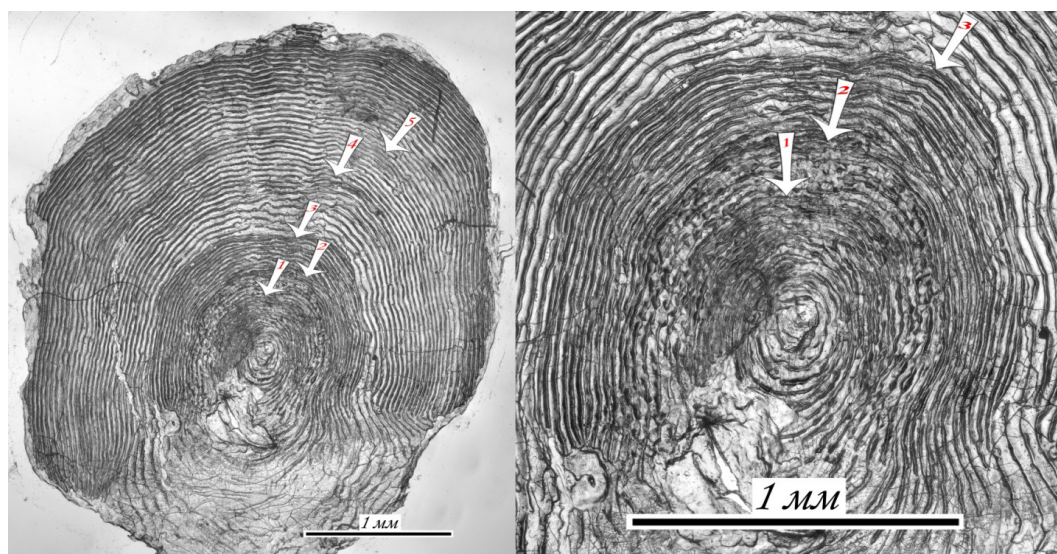


Рис. 6. Изображение чешуи самца кижуча известного возраста (2+), отловленного в Кучелиновском водохранилище в ночь с 23 на 24 сентября 1989 г.: **слева** — изображение всей чешуи; **справа** — увеличенная центральная часть. Центральные части всех собранных чешуй имеют значительные повреждения неизвестного происхождения; чешуй без повреждений обнаружено не было. Пять стрелок на изображении чешуи кижуча указывают на границы, предположительно соответствующие указанным на рис. 4 применительно к чешуе симы

Fig. 6. Scale of coho salmon male of definitely known age 2+ caught in the Kuchelinovskoye Reservoir near the dam at night of September 23–24, 1989 (**left panel**) and its magnified central section (**right panel**). The central sections of all sampled scales had significant damages of unknown origin; no intact scales were found. Five *arrows* indicate the boundaries presumably corresponded to the arrows 1–5 at Fig. 4 for the scale of masu salmon

ском водохранилище, 24 сентября 1990 г. в р. Кучелинова были проведены исследования с отловом рыб с целью возможного обнаружения потомства симы и кижуча, появившегося в результате нереста 1989 г. В результате исследований были отловлены 31 пестряк симы в возрасте 0+ длиной тела от 90 до 120 мм, среднее значение длины тела рыб обоих полов составило $103,2 \pm 1,4$ мм; масса тела варьировала от 9,0 до 25,2 г, среднее значение — $13,9 \pm 0,6$ г. 16 пестряков симы были самками, 15 — самцами. Длина тела самок варьировала от 93 до 113 мм, среднее значение — $102,8 \pm 1,3$ мм; масса тела самок варьировала от 9,7 до 17,2 г, среднее значение — $13,3 \pm 0,5$ г. 11 самцов-пестряков были неполовозрелыми, 4 самца — половозрелыми, гонады половозрелых самцов-пестряков

были текучими (V стадия зрелости). Доля половозрелых самцов-пестряток 0+ составила 26,7 % всех самцов. Длина тела неполовозрелых самцов варьировала от 90 до 118 мм, масса тела — от 9,0 до 18,2 г; средние значения соответственно составили 101 ± 3 мм и $12,6 \pm 0,9$ г. Длина тела половозрелых самцов (с текучими гонадами) варьировала от 105 до 120 мм, масса тела — от 15,6 до 25,2 г; средние значения соответственно — 112 ± 26 мм и $19,9 \pm 4,6$ г. В р. Рязановка, откуда происходит вселенная в р. Кучелинова сима, созревание ее самцов в возрасте 0+ в 1984–1991 гг. было исключительно редким явлением [неопубл. собственные данные].

Нерестовых и посленерестовых самок сими, а также нерестовых бугров при исследовании в реке 24 сентября 1990 г. обнаружено не было. Молодь и производители кижуча в бассейне Кучелиновского водохранилища после 1989 г. также не обнаружены.

Исследования в 1991 г. в р. Кучелинова. 17 сентября 1991 г. в р. Кучелинова были произведены обловы неводом и визуальные наблюдения на участке реки до 5 км выше места впадения реки в водохранилище с целью возможного обнаружения потомства сими и кижуча, родившегося в результате нереста 1989 г. На нижнем участке реки (до 1,5 км от места впадения реки в водохранилище) в одном месте было учтено несколько пестряток сими длиной тела 14–18 см, среди которых были отмечены половозрелые самцы нерестовой (темной) окраски. На среднем участке наблюдений (1,5–3,3 км выше места впадения реки в водохранилище) было обнаружено около 5 карликовых самцов длиной тела 15–20 см. Предполагаемый возраст замеченных рыб — 1+ (от нереста 1989 г.).

В водохранилище в 1991 г. исследования не проводили.

Исследования в 2020–2025 гг. в р. Кучелинова. Основной целью исследований в 2020–2025 гг. было обнаружение особей сими — озерных нерестовых и посленерестовых производителей, карликовых (речных) самцов, молоди, а также мест нереста сими. В 2020 г. были выполнены визуальные наблюдения без применения видеокамер, а в 2021–2025 гг. в реке производили подводную видеосъемку.

Наличие молоди и карликовых самцов сими подтверждено в осенние месяцы всех лет исследований, за исключением 2022 г. Наличие озерных самок сими подтверждено в 2022 и 2023 гг., озерных самцов — в 2020, 2022 и 2024 г.

В видеозаписях, сделанных в сентябре 2022 и 2025 гг., не обнаружены сеголетки сими. Причиной этому, вероятно, является отсутствие случаев успешного нереста в 2021 и 2024 гг.

Видовой состав рыб в р. Кучелинова. При просмотре видеозаписей учитывали как симу, так и другие виды рыб. Результаты учета сими и других видов рыб по данным просмотра подводных видеозаписей представлены в табл. 2. Наиболее массовым видом рыб были гольяны*. Из-за значительного количества взвешенных частиц в воде (мутности) р. Кучелинова и значительного количества гольянов на некоторых участках реки оценки их количества являются приблизительными.

В порядке убывания по количеству наблюденных рыб после вышеуказанного гольяна следуют: сима (577 случаев), тупорылый ленок *Brachymystax tumensis*** (237), пескарь *Gobio macrocephalus* (90), бычок *Gymnogobius* sp. (62), гольян обыкновенный *Phoxinus tumensis**** (4). Кроме вышеуказанных видов, при исследованиях в октябре

* Судя по внешнему виду в реке выше плотины обитает приморский гольян, который ранее указывался как гольян Лаговского — *Phoxinus lagowskii oxucephalus* [Самуйлов, 1971]. Для определения видов гольянов необходима диагностика [Шедько, Шедько, 2003], которая в данном исследовании не проводилась. Поэтому вид массового гольяна в р. Кучелинова пока остается не определенным.

** Во время проведения исследований в 1988–1991 гг. вид ленок для р. Артемовка (Майхе) указывался как *Brachymystax lenok* [Самуйлов, 1971].

*** Ранее данный вид для р. Артемовка (Майхе) указывался как *Phoxinus phoxinus* [Самуйлов, 1971].

Таблица 2

Результаты учетов рыб на участке р. Кучелинова выше плотины,
по данным подводных наблюдений

Table 2

Results of underwater fish counts in the Kuchelinova River basin upstream of the dam

№ п/п	Даты наблюдений	Наблюденные рыбы	Количество рыб
1	2021-11-13	Молодь сима	3
		Карликовые самцы сима	1
		Тупорылый ленок	18
		Сима или ленок*	4
		Гольяны	84
2	2022-05-10	Смолты сима	4
		Гольяны	≈ 650
3	2022-09-20	Молодь сима	0
		Карликовые самцы сима	0
		Озёрные самки сима	1
		Озёрные самцы сима	0
		Тупорылый ленок	12
		Гольяны	> 100
		Гольян обыкновенный	1
4	2022-09-27	Пескарь большеголовый	1
		Молодь сима	0
		Карликовые самцы сима	0
		Озёрные самки сима	2
		Озёрные самцы сима	1
		Тупорылый ленок	65
		Гольяны	≈ 950
		Гольян обыкновенный	3
5	2023-09-22	Пескарь большеголовый	22
		Молодь сима	173
		Карликовые самцы сима	10
		Озёрные самки сима	0
		Озёрные самцы сима	0
		Тупорылый ленок	23
		Гольяны	≈ 1200–1300
		Пескарь большеголовый	2
6	2023-10-07	Бычок-гимногиус	3
		Молодь сима	108
		Карликовые самцы сима	9
		Озёрные самки сима	1
		Озёрные самцы сима	0
		Тупорылый ленок	16
		Гольяны	≈ 1180
		Пескарь большеголовый	4
7	2024-09-23	Бычок-гимногиус	1
		Молодь сима	91
		Карликовые самцы сима	26
		Озёрные самки сима	0
		Озёрные самцы сима	3
		Тупорылый ленок	28
		Сима или ленок*	3
		Гольяны	≈ 1000–1200
		Пескарь большеголовый	20
		Бычок-гимногиус	44

Окончание табл. 2
Table 2 finished

№ п/п	Даты наблюдений	Наблюдённые рыбы	Количество рыб
8	2024-10-02	Молодь симы	101
		Карликовые самцы симы	35
		Озёрные самки симы	0
		Озёрные самцы симы	1
		Тупорылый ленок	51
		Гольяны	≈ 1360
		Пескарь большоголовый	8
		Бычок-гимногобиус	3
9	2025-09-29	Молодь симы	5
		Карликовые самцы симы	3
		Озёрные самки симы	0
		Озёрные самцы симы	0
		Тупорылый ленок	24
		Сима или ленок*	6
		Гольяны	≈ 1300
		Пескарь большоголовый	33
		Бычок-гимногобиус	11
	Итого	Гольяны	7984 (89,05 %)
		Сима (всего)	577 (6,44 %)
		Тупорылый ленок	237 (2,64 %)
		Пескарь большоголовый	90 (1,00 %)
		Бычок-гимногобиус	62 (0,69 %)
		Сима или ленок*	13 (0,14 %)
		Гольян обыкновенный	4 (0,04 %)
		Все виды	8967 (100 %)

* Вид лососей точно определить не представляется возможным.

1987 г. в верхних участках реки были отловлены жилая мальма *Salvelinus curilus*, девятииглая колюшка *Pungitius* sp., сибирский усатый голец *Barbatula toni**.

Молодь и карликовые самцы симы. Изображения молоди и карликовых самцов симы, полученные с помощью видеокамер, приводятся на рис. 7–9. На рис. 7 — молодь симы, на рис. 8 — изображение карликового самца и неполовозрелой пестрятки, на рис. 9 — изображение крупного карликового самца.

Гистограммы распределений длины тела молоди и карликовых самцов симы представлены на рис. 10. По результатам визуальных оценок 2023–2024 гг., для которых подтверждено относительно большое количество пестряток**, средняя длина тела молоди в сентябре-октябре 2023 г. составила $9,7 \pm 0,3$ см, 2024 г. — $9,1 \pm 0,5$ см. Основная часть наблюдаемых в эти годы пестряток, очевидно, была сеголетками (0+). Подтвержденная в результате измерений наибольшая длина их тела для данной реки составляет 12,3 см. Размеры сеголеток симы в сентябре-октябре варьируют по нашим оценкам от 6,5 до 12,5 см. Значительно меньшая часть наблюдаемой молоди была, вероятно, в возрасте двух лет (1+). Минимальная длина тела двухлеток, скорее всего, перекрывается длиной тела быстрорастущих сеголеток и составляет менее 12 см.

* При исследованиях в 2020-х гг. на участках, расположенных ниже по течению, эти виды не были отмечены.

** В другие годы наблюдений (2021, 2022 и 2025 гг.) было обнаружено незначительное количество пестряток — до 8 особей (соответственно 4, 0 и 8 экз.).

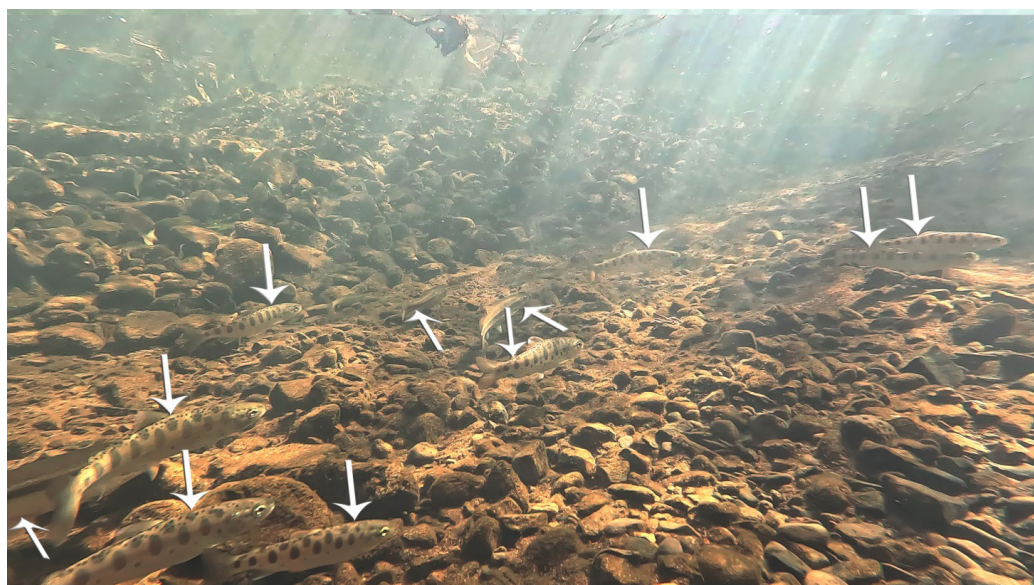


Рис. 7. Фото восьми пестряток симы в р. Кучелинова выше водохранилища (отмечены стрелками сверху вниз) и трех приморских гольянов (отмечены стрелками снизу вверх); снято 07.10.2023 г. камерой GoPro 11. По краям изображения, рыбы и другие объекты искажены (растянуты) из-за свойств объектива и присущему ему эффекту «рыбий глаз»

Fig. 7. Photo of 8 masu salmon parr (marked with downward arrows) and 3 minnows (marked with upward arrows) in the Kuchelinova River upstream the reservoir taken with camera GoPro 11 on October 7, 2023. The image is distorted (stretched) at the edges by «fish eye» effect of the camera lens



Рис. 8. Карликовый самец симы (отмечен стрелкой сверху вниз) и молодь симы (отмечена стрелкой снизу вверх). Дата съемки 07.10.2023 камерой GoPro 11

Fig. 8. Dwarf male of masu salmon (marked by downward arrow) and juvenile masu salmon (marked by upward arrow) photographed with camera GoPro 11 on October 7, 2023

Длина тела карликовых самцов по результатам измерений в 1987–1988 гг. варьировала от 10,5 до 17,2 см, а по визуальным оценкам для 2023–2024 гг. — от 9,5 до 23,0* см.

* Карликовый самец максимального размера (длина АС около 23 см) не включен в гистограммы на рис. 14.

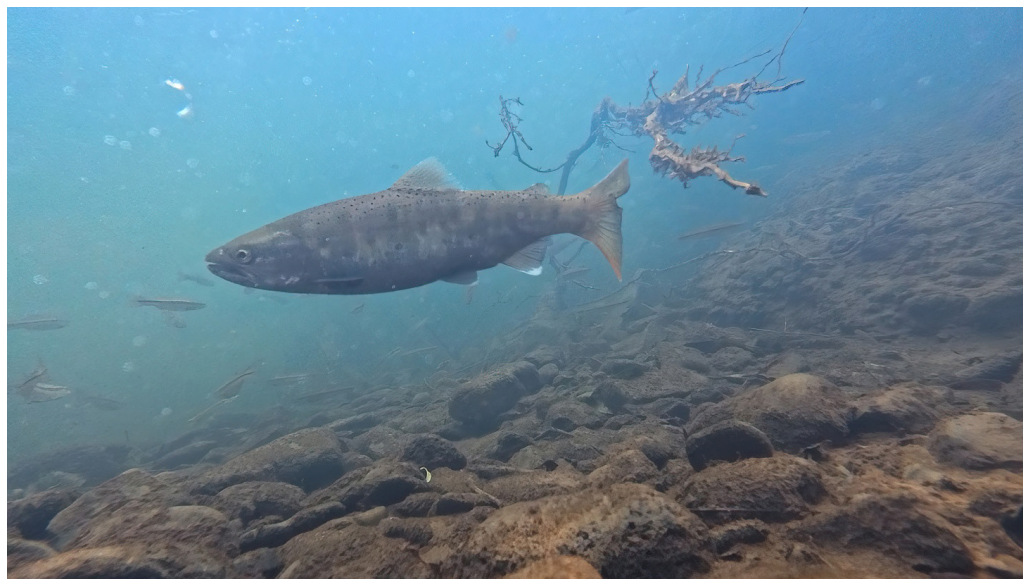


Рис. 9. Крупный карликовый самец симы (предполагаемая длина тела 18–19 см). На заднем фоне слева и справа заметны более 10 приморских голянов. Снято 02.10.2024 камерой Insta 360 Ace Pro

Fig. 9. Large-sized dwarf male of masu salmon (presumed body length 18–19 cm) photographed with camera Insta 360 Ace Pro on October 2, 2024. Several minnows (> 10) are visible to the sides

Следует отметить, что визуальное различение молоди (неполовозрелых пестряток) и половозрелых самцов-пестряток по результатам просмотра видеозаписей не может считаться полностью достоверным, поскольку некоторые половозрелые самцы (особенно небольшого размера) в момент съемки могли не иметь нерестовой окраски и выглядеть подобно молоди. Поэтому нельзя исключить, что количество карликовых самцов, оцененное в нашем исследовании, является заниженным, так как в случае отсутствия нерестовой окраски такие самцы могли быть учтены как неполовозрелые пестрятки.

На рис. 11 приведено изображение молоди симы (самки) длиной тела 12 см в возрасте 0+, пойманной рыболовом-любителем. На чешуе данной рыбы наблюдается до 16 склеритов* (рис. 12). Кроме того, была сфотографирована и измерена другая пестрятка длиной тела 10,9 см, пойманная другим рыболовом. Она также была в возрасте 0+, структура чешуи была подобной приводимой на рис. 12, а на чешуе наблюдали до 15 склеритов. Сеголетки симы длиной тела около 12 см, добываемые на удочку, очевидно, являются наиболее быстрорастущими рыбами в своем годовом классе, а самые мелкие особи удочкой не облавливаются.

Кроме того, в видеозаписях от 10 мая 2022 г. были обнаружены несколько смолтов симы. Их отличительным признаком является черная верхушка спинного плавника и серебристая окраска тела. Достоверность определения молоди как смолтов подтверждается поимкой рыболовом-любителем удочкой смолта симы во время и в месте проведения наших подводных наблюдений. Его изображение приведено на рис. 13, а фото его чешуи — на рис. 14. Длина тела пойманного смолта составила 14,8 см, масса — 30,4 г, возраст — 2+.

Исследование чешуи самки смолта показывает, что часть молоди симы до миграции из реки в водохранилище живет в реке две зимы. Такие самки для достижения необходимых размеров и созревания должны прожить в водохранилище не менее одной зимы. Соответственно, их созревание должно происходить в возрасте 3+ (или более старшем).

* На чешуе другой сеголетки длиной АС 10,9 см было 15 склеритов.

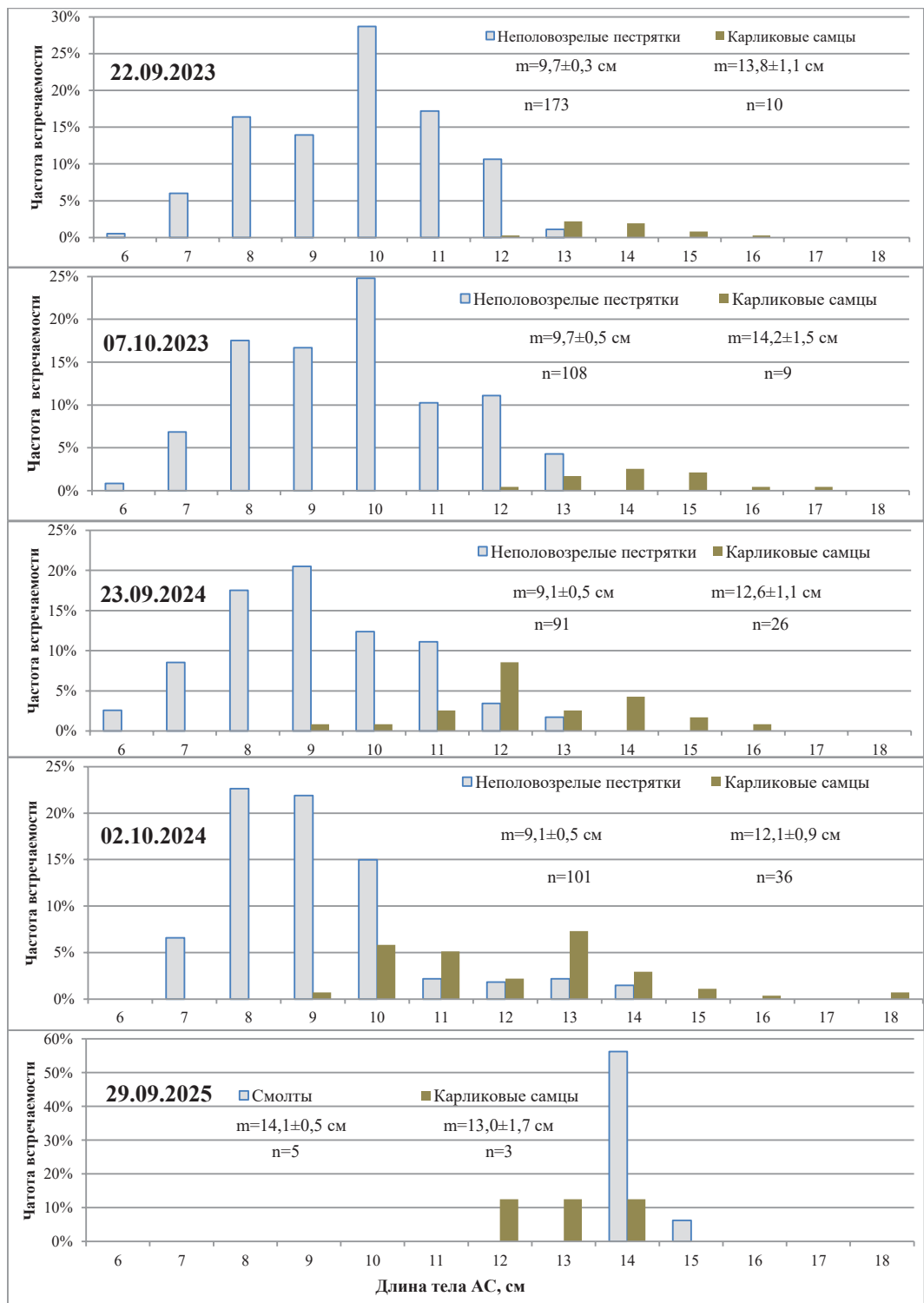


Рис. 10. Распределения длины тела АС неполовозрелой молодежи и карликовых самцов симы по данным изучения подводных видеозаписей от 22-09-2023 гг., 07-10-2023, 23-09-2024, 02-10-2024, 29-09-2025 гг., см

Fig. 10. Fork length (cm) distribution for juveniles and dwarf males of masu salmon on the data of underwater video records obtained on September 22, 2023, October 7, 2023, September 23, 2024, October 2, 2024, and September 29, 2025



Рис. 11. Молодь сими в возрасте 0+ из р. Кучелинова выше водохранилища длиной тела 12 см (дата поимки удочкой — 22.09.2020 г.)

Fig. 11. Juvenile masu salmon at age 0+ caught with a fishing rod in the Kuchelinova River above the reservoir on September 22, 2020 (body length 12 cm)

Рис. 12. Изображение чешуи пестрятки сими в возрасте 0+ (длина АС 12 см, самка) из р. Кучелинова выше водохранилища, отловленной 22 сентября 2020 г. На чешуе — 16 склеритов

Fig. 12. Scale of masu salmon female parr at age 0+ caught in the Kuchelinova River above the reservoir on September 22, 2020 (fork length 12 cm). There are 16 circuli on the scale

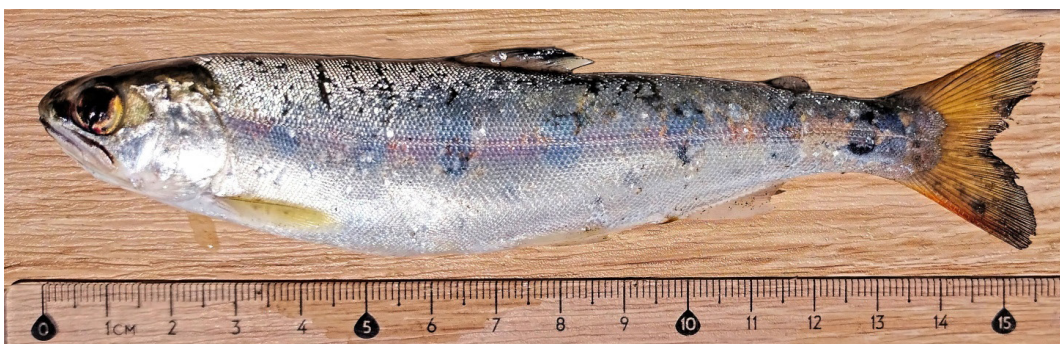


Рис. 13. Изображение смолта сими из р. Кучелинова выше водохранилища (длина тела 14,8 см, самка, возраст 2+, дата поимки — 10.05.2022)

Fig. 13. Smolt of masu salmon female at age 2+ caught in the Kuchelinova River above the reservoir on May 10, 2022 (fork length 14.8 cm)



Рис. 14. Изображение чешуи самки сими (смолта) в возрасте трех лет (2+) из р. Кучелинова; отловленной 10 мая 2022 г., около 1,1 км выше по течению от места впадения реки в водохранилище. Длина тела смолта — 148 мм. Стрелки указывают на два годовых кольца, сформировавшихся в реке. Длина тела рыбы для 1-го кольца = 85 мм, для 2-го — 133 мм*

Fig. 14. Scale of masu salmon female (smolt) at age 2+ caught in the Kuchelinova River approximately in 1.1 km upstream the reservoir on May 10, 2022 (fork length 148 mm). Arrows indicate two annual rings formed in river presumably under the fork length of 85 and 133 mm

Поймка смолта в возрасте 2+ в 2022 г. демонстрирует, что в поколении 2020 г. выхода из нерестовых бугров** присутствовали рыбы значительно меньших размеров, чем пойманные удочкой осенью в 2020 г. (12,0 и 10,9 см).

Численность молоди сими в реке выше водохранилища во время проведения исследований была низкой. Наибольшее количество пестряток было учтено в видеозаписях 2023 и 2024 гг., для которых оно составило соответственно 183 (173 экз. молоди + 10 карликовых самцов) и 117 экз. (91 экз. молоди + 26 карликовых самцов). По данным наблюдений в осенние месяцы 2021, 2022 и 2025 гг. в реке были единичные особи. Следовательно, численность пестряток в реке в эти годы была очень низкой. Вышеуказанные наблюдения свидетельствуют о том, что количество отнерестовавших самок сими, из икры которых появилась молодь, было незначительным (единичным). В 2020, 2021 и 2024 гг. нерест, вероятно, не был успешным либо вообще отсутствовал.

Озерные производители сими в р. Кучелинова. Посленерестовые и преднерестовая самки сими были обнаружены в результате подводных наблюдений осенью 2022 (две посленерестовые особи) и 2023 гг. (одна не приступавшая к нересту особь). В 2024 г. во время возможного нереста в реке выше водохранилища были обнаружены три озерных самца, озерных самок обнаружено не было, в 2025 г. — озерных производителей не обнаружили.

Длина тела двух отнерестившихся и обнаруженных в 2022 г. озерных самок сими составила по визуальным оценкам, сделанным при изучении записей подводных видеосъемок, соответственно 32–33 и 37–38 см, а обнаруженной в 2023 г. не приступавшей к нересту самки — около 40 см.

По данным наших наблюдений размеры нерестовых озерных производителей в бассейне Кучелиновского водохранилища меньше размеров родительской формы —

* Размеры рассчитаны по формуле прямой пропорциональности с учетом длины тела рыбы, при которой у молоди сими закладывается чешуя: $L_i = (L - L_0) (R_i/R) + L_0$, где L_i — длина рыбы для радиуса чешуи i ; R_i — радиус чешуи для кольца i ; R — радиус чешуи; L — длина тела рыбы при поимке. Полагали, что чешуя у молоди сими закладывается при длине тела 44 мм [Кашкин и др., 1988].

** Нерест производителей происходил осенью 2019 г.

морской проходной симы, а также озерной самки, отнерестившейся в 1989 г., которая была молодью морской формы. Уменьшение размеров озерных самок является адаптацией в соответствии с незначительными размерами реки выше водохранилища, где происходит нерест симы: в таких условиях эффективное воспроизводство возможно только для особей меньшего размера.

Озерный посленерестовый самец симы длиной тела 29,5 см (рис. 15) был отловлен 22 сентября 2020 г. в р. Кучелинова в нескольких сотнях метров от места впадения реки в водохранилище. На теле этого самца парр-полосы (parr marks) не были видны. Вероятно, значительную часть жизни он прожил в водохранилище.



Рис. 15. Посленерестовый озерный самец симы длиной тела 29,5 см (дата поимки 22 сентября 2020 г.)

Fig. 15. Lacustrine form of postspawning masu salmon male caught on September 22, 2020 (fork length 29.5 cm)

Еще несколько других озерных самцов обнаружили при подводных наблюдениях в реке в 2022 и 2024 гг. Одно из удачных фото от 27 сентября 2022 г. представлено на рис. 16.



Рис. 16. Нерестовый озерный самец симы в р. Кучелинова выше водохранилища (дата съемки — 27 сентября 2022 г. камерой DJI Osmo). Предполагаемая длина тела — около 28 см. На теле хорошо заметны парр-полосы (parr-marks). Предположительно данный самец в предыдущий сезон нереста (или предыдущие сезоны) созрел на стадии пестрятки, после чего не менее полугода прожил в водохранилище

Fig. 16. Lacustrine form of spawning masu salmon male photographed with DJI Osmo camera in the Kuchelinova River above the reservoir on September 27, 2022 (estimated body length about 28 cm). Parr marks are clearly visible on the body. This male presumably had matured at the parr stage during the previous spawning season (or seasons), then spent a half of year or more in the reservoir

Поимки симы в водохранилище при подледном лове. В зимне-весенний период (в декабре-марте 2010–2020-х гг.) известны неоднократные случаи поимок в Кучелиновском водохранилище неполовозрелой симы длиной тела от 10 до 35 см при подледном удобном лове корюшки *Hypomesus nipponensis**. Возраст особей симы вышеуказанной длины, по нашим оценкам, может быть от 0+ (сеголетки — в случае поимки осенью) до 3 полных лет (трехгодовики — в случае поимки рыб в январе-марте).

Так, в декабре 2020 г. рыболовом-любителем в Кучелиновском водохранилище при подледном лове корюшки на удочку были пойманы несколько пестряток симы длиной тела 10–12 см** на удалении около 1 км от места впадения р. Кучелинова в водохранилище. 7 февраля 2021 г. на подобном удалении от места впадения реки были пойманы шесть экземпляров молоди симы длиной тела 11–13 см. При этом четыре рыбы были пестрятками, а две особи были серебристыми, и парр-полосы (parr-marks) на их теле были уже практически незаметны. Длина тела пойманной молоди соответствует размерам сеголеток и годовиков. Это свидетельствует о том, что часть молоди симы из р. Кучелинова мигрирует в водохранилище осенью сеголетками — в возрасте 0+, не совершая зимовку в реке, что известно также для симы Седанкинского и Дачинского водохранилищ [Цыгир, 1990; Цыгир и др., 2025].

В декабре 2014 — январе 2015 гг. в Кучелиновском водохранилище были пойманы восемь особей симы длиной тела от 26,0 до 34,2 см***, среднее значение длины составило $29,7 \pm 1,0$ см). Масса тела рыб варьировала от 177 до 556 г, среднее значение — 323 ± 47 г. Изображения чешуи двух из вышеуказанных рыб приводятся на рис. 17****. Предположительно, данные рыбы были двухгодовиками (возраст 0+.2), что свидетельствует об успешном нересте симы в 2012 г.

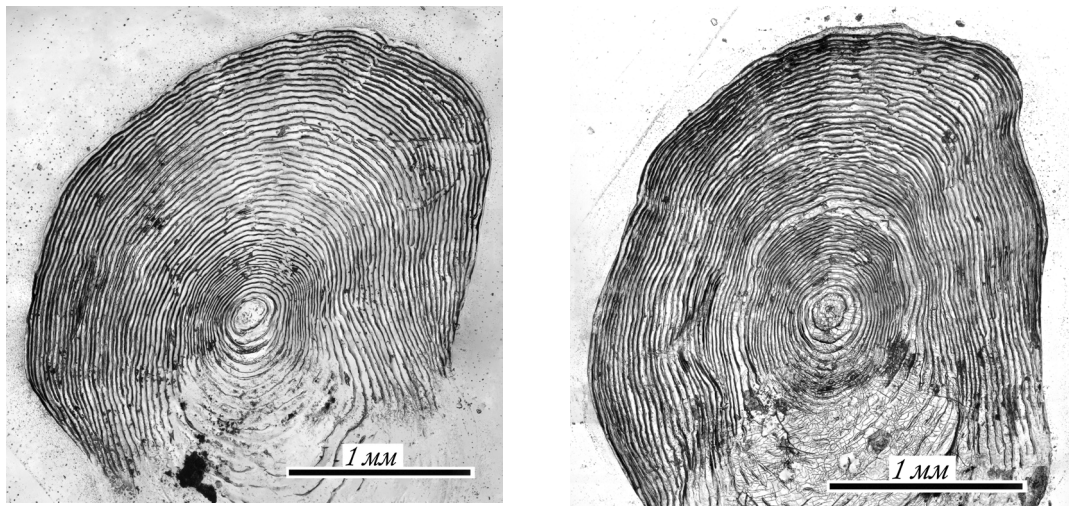


Рис. 17. Изображения чешуи двух озерных особей симы, отловленных в декабре 2014 — январе 2015 гг. Слева чешуя симы длиной тела 34,2 см, декабрь 2014 г.; справа — 32,3 см, январь 2015 г. Предполагаемый возраст рыб — двухгодовики (0+.2)

Fig. 17. Scales sampled from two specimens of lacustrine masu salmon at age of two years (0+.2) caught on December 2014 (left, fork length 34.2 cm) and January 2015 (right, fork length 32.3 cm)

Сима длиной тела более 30 см пойманная при подледном лове жилой формы малоротой корюшки изображена на рис. 18.

* Видовое название корюшки — персональное сообщение сотрудника ТИНРО Е.И. Барабанщикова.

** Персональное сообщение сотрудника ТИНРО А.В. Смирнова.

*** Измерения выполнены на размороженных образцах.

**** Удалось получить образцы и изображения чешуи трех экземпляров из восьми рыб. Пол всех восьми экземпляров определить не удалось.



Рис. 18. Самка симы длиной тела более 30 см (в центре на переднем плане изображения), пойманная в Кучелиновском водохранилище 10 марта 2022 г. при подледном удебном лове жилой формы малоротой корюшки *Hypomesus nipponensis*. Предполагаемый возраст пойманной симы — 2 или 3 года

Fig. 18. Masu salmon female with length over 30 cm and age 2–3 years (in the center) caught in the Kuchelinovskoye Reservoir on March 10, 2022, as bycatch of under-ice angling landlocked smelt *Hypomesus nipponensis*

Поимки симы в водохранилище в весенне-летний период. Помимо поимок симы при подледном лове, известны случаи поимок рыбаками-любителями ее молоди в Кучелиновском водохранилище в весенние и летние месяцы. Так, 8 апреля 2025 г. было поймано 6 особей длиной тела 15–19 см. Возможные возрастные группы для симы такого размера — 1 и 2 года. 24 июля 2024 г. было поймано 24 экз. симы длиной тела 22–33 см. Их возможные возрастные группы — 1+ и 2+. В конце третьей декады июля 2025 г. было поймано 14 экз. молоди длиной тела 16–23 см (рис. 19). Возможные возрастные группы — 1+ и 2+.

Подобный вылов нагульной симы в водохранилище приводит к сокращению количества самок, которые могли бы после созревания отнереститься в реке. В период крайне низкой численности нерестовых самок это препятствует увеличению численности данного вида в бассейне Кучелиновского водохранилища. В целях увеличения численности в настоящее время вылов нагульной симы в водохранилище целесообразно прекратить до тех пор, пока ее численность там не увеличится.

Сроки и возраст миграции молоди симы из реки в водохранилище. Выход молоди симы из нерестовых бугров в р. Кучелинова выше водохранилища происходит предположительно в марте. После этого молодь растет в реке до осени. Осенью (в основном в октябре) часть молоди мигрирует в водохранилище с расположенных выше участков реки. Некоторая часть пестряток симы зимует в реке и, очевидно, мигрирует в водохранилище после первой зимовки в реке годовиками (в возрасте 1.) либо двухлетками (в возрасте 1+) весной или осенью. Незначительная часть молоди остается в реке на вторую зимовку. Вероятно, это происходит неежегодно.

Количество сезонов успешного нереста симы в бассейне Кучелиновского водохранилища. С 1992 по 2019 г. в бассейне Кучелиновского водохранилища автором исследование не проводилось. Однако подтверждения случаев успешного нереста симы в р. Кучелинова стали известны по немногочисленным, но достоверным данным. Например, поимка 8 особей в декабре 2014 — январе 2015 гг. (предполагаемый



Рис. 19. Улов рыболовов-любителей (4 чел.) молоди сима (14 экз.) и карасей (2 экз.) в конце июля 2025 г. в Кучелиновском водохранилище. Длина тела выловленной сими варьировала в пределах 16–23 см, возможные возрастные группы — 1+ и 2+. Возрастные группы 0+ и 3+ — для размеров, соответствующим на рисунке, исключаются

Fig. 19. Catch of juvenile masu salmon (14 specimens) and crucian carp (2 specimens) harvested by 4 anglers from the Kuchelinovskoye Reservoir in late July 2025. Fork length of the caught masu salmon varied from 16 to 23 cm, possible age groups were 1+ and 2+

возраст пойманных особей — 2 года) свидетельствует об успешном нересте сима в 2012 г.; поимка молоди 0+ в водохранилище в декабре 2020 г. и годовиков в феврале 2021 г. — об успешном нересте осенью 2019 г.

По оценкам на основе возраста созревания самок (2+ и 3+), а также оценок возраста пойманных в реке и водохранилище особей сима предполагается, что количество сезонов успешного нереста данного вида с 1989 по 2025 г. составило не менее 12.

Закключение

Выпуск около 3 тыс. сеголеток сима происхождения из популяции р. Рязановка в р. Кучелинова выше водохранилища в июле 1987 г. привел к обитанию этого вида в бассейне Кучелиновского водохранилища и его неоднократным успешным нерестам, которые происходят неежегодно. Первый нерест сима, выпущенной в р. Кучелинова выше Кучелиновского водохранилища в июле 1987 г., произошел в 1989 г. С учетом возраста созревания самок (2+ и 3+), а также оценок возраста пойманных в реке и водохранилище особей предполагается, что количество сезонов успешного нереста данного вида с 1989 по 2025 г. составило не менее 12.

Несмотря на то что количество выпущенной в р. Кучелинова молоди кижуча более чем в 6 раз превышало количество выпущенной молоди сима, доказательств успешного нереста этого вида в бассейне Кучелиновского водохранилища не обнаружено.

После выхода из нерестовых бугров в р. Кучелинова молодь сими обитает в ней не менее нескольких месяцев. Часть молоди мигрирует из реки в водохранилище осенью сеголетками (в возрасте 0+), часть — после одной зимовки в реке (в возрасте 1 и 1+), а незначительная часть молоди проводит в реке две зимы, после чего мигрирует в водохранилище двухгодовиками и трехлетками (в возрасте 2 и 2+). Предполагается, что доля молоди сими, остающейся на вторую зимовку в р. Кучелинова, незначительна.

Благодарности (ACKNOWLEDGMENTS)

Транспортировка кижуча и сими с Рязановского ЭПЛРЗ в бассейн Кучелиновского водохранилища в 1987 г. была подготовлена и выполнена совместно с моими коллегами по лаборатории — сотрудниками ТИНРО: Н.И. Крупянко, К.А. Кашкиным, С.В. Зайцевым, В.И. Скириным. Подготовительные мероприятия по транспортировке молоди были осуществлены Н.И. Крупянко и С.В. Зайцевым, а непосредственно транспортировка и выпуск молоди в реку (15 июля 1987 г.) были выполнены автором совместно с К.А. Кашкиным. Полевые наблюдения в бассейне Кучелиновского водохранилища в 1987–1991 гг. были выполнены совместно с моими коллегами: В.И. Скириным, Н.И. Крупянко, К.А. Кашкиным.

В 2020–2025 гг. важную помощь в сборе информации о симе и других видах рыб из бассейна Кучелиновского водохранилища мне оказали сотрудники ТИНРО: Е.И. Барабанщikov, Н.А. Черных, В.А. Назаров, А.В. Смирнов, сотрудники ГООХ «Орлиное», а также некоторые рыболовы-любители. Я благодарю всех, оказавших мне содействие в сборе материала и подготовке данной рукописи, а также уважаемых рецензентов за их ценные и конструктивные замечания по содержанию рукописи.

The author is grateful to the colleagues of TINRO who provided together with him the transfer of coho and masu salmon juveniles from the Ryazanovsky Experimental Salmon Hatchery to the basin of Kuchelinovsky Reservoir in 1987: N.I. Krupyanko, S.V. Zaytsev (prepared the juveniles for transportation) and K.A. Kashkin (transported the juveniles and released them into the river on July 15, 1987), who conducted together with him the research in the basin of Kuchelinovskoye Reservoir in 1987–1991: V.I. Skirin, N.I. Krupyanko, and K.A. Kashkin, and who assisted him to collect information on masu salmon and other fish species from the basin of Kuchelinovskoye Reservoir in 2020–2025: E.I. Barabanshchikov, N.A. Chernykh, V.A. Nazarov, and A.V. Smirnov, as well as to the staff of the State Experimental Hunting Farm Orlinoye and several anglers for their help in collecting the data used in the study. Thanks to anonymous reviewers for their constructive comments valuable for the manuscript writing and editing.

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 использования животных были соблюдены. Информация о пойманных рыбах включена в статью. Библиографические ссылки на все использованные в работе данные других авторов оформлены в соответствии с правилами данного журнала. Автор заявляет, что у него нет конфликта интересов.

All applicable international, national and/or institutional guidelines for the use of animals were followed. Information on the caught fish is presented in the article. Bibliographic references to all data from other authors are formatted in accordance with the rules of the journal. The author declares that he has no conflict of interest.

Список литературы

- Акулин В.Н., Гавренков Ю.И., Марковцев В.Г.** О нахождении жилой формы симы *Oncorhynchus masu* (Brevoort) (Salmonidae) в водохранилище Артемовского гидроузла (Южное Приморье) // *Вопр. ихтиол.* — 1984. — Т. 24, № 5. — С. 856–859. EDN: EADXFN.
- Берг Л.С.** Карликовые самцы у рыб // *Природа.* — 1926. — № 8. — С. 96–100.
- Волобуев В.В., Марченко С.Л.** Тихоокеанские лососи континентального побережья Охотского моря (биология, популяционная структура, динамика численности, промысел) : моногр. — Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2011. — 303 с.
- Волобуев В.В., Рогатных А.Ю.** Эколого-морфологическая характеристика кижуча *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) (Salmonidae) материкового побережья Охотского моря // *Вопр. ихтиол.* — 1982. — Т. 22, № 6. — С. 974–980. EDN: YVSBBU.
- Гриценко О.Ф.** Биология симы и кижуча Северного Сахалина. — М. : ВНИРО, 1973. — 40 с.
- Гриценко О.Ф.** Проходные рыбы острова Сахалин (систематика, экология, промысел) : моногр. — М. : ВНИРО, 2002. — 248 с.
- Двинин П.А.** Озерный кижуч *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) morpho relictus nova // *ДАН СССР.* — 1949. — Т. 69, № 5. — С. 695–697.
- Зорбиди Ж.Х.** Кижуч азиатских стад : моногр. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2010. — 308 с.
- Иванков В.Н., Бронеvский А.М.** Постларвальная неотения у рыб // *Зоол. журн.* — 1978. — Т. 57, № 1. — С. 87–93.
- Иванков В.Н., Падецкий С.Н., Карпенко С.Н., Лукьянов П.Е.** Биология проходных рыб южного Приморья // Биология проходных рыб Дальнего Востока. — Владивосток : ДВГУ, 1984. — С. 10–36. EDN: WBQWNZ.
- Кашкин К.А., Золотухин С.Ф., Цыгир В.В.** Катадромная миграция молоди кеты в реках Южного Приморья // Современное состояние исследований лососевидных рыб : тез. докл. 3-го Всесоюз. совещ. по лососевидным рыбам. — Тольятти : ИЭВБ АН СССР, 1988. — С. 150–151.
- Кириллова Е.А., Кириллов П.И., Малютин А.М. и др.** Жилой кижуч *Oncorhynchus kisutch* в азиатской части ареала. К вопросу о пресноводной компоненте в структуре вида // *Вопр. ихтиол.* — 2021. — Т. 61, № 5. — С. 553–575. DOI: 10.31857/S0042875221050118. EDN: XRAUCU.
- Красная книга Камчатского края.** Том 1. Животные / отв. ред. А.М. Токранов. — Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2018. — 196 с.
- Крыхтин М.Л.** Материалы о речном периоде жизни молоди симы // *Изв. ТИНРО.* — 1962. — Т. 48. — С. 84–132.
- Куренков С.И.** Жилой кижуч на Камчатке // *Вопр. географии Камчатки.* — 1977. — № 7. — С. 52–55.
- Куренков С.И., Горшков С.А., Толстяк Т.И.** Распространение и биология пресноводного кижуча *Oncorhynchus kisutch* (Walb.) (Salmonidae) на Камчатке // *Вопр. ихтиол.* — 1982. — Т. 22, № 6. — С. 966–973.
- Любаев В.Я.** Экологические и биотехнические аспекты создания стад кижуча на рыбо-водных заводах : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М. : МГТА, 2002. — 22 с.
- Марченко С.Л.** Кижуч *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) материкового побережья Охотского моря // *Изв. ТИНРО.* — 2022. — Т. 202, вып. 3. — С. 556–579. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-556-579. EDN: FRJJJM.
- Марченко С.Л., Волобуев В.В., Макаров Д.В.** Биологическая структура кижуча *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) материкового побережья Охотского моря // *Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана.* — 2013. — Вып. 29. — С. 70–83.
- Моисеев П.А.** Образование жилой формы симы (*Oncorhynchus masou* morpho *formosanus* (Jordan et Oshima)) в бассейне реки Седанка // *ДАН СССР.* — 1957. — Т. 112, № 1. — С. 163–164.
- Правдин И.Ф.** Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) : моногр. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Пищепромиздат, 1966. — 375 с.
- Самуйлов А.Е.** Рыбы бассейна рек Майхе и Батальянза // *Ученые записки ДВГУ.* — 1971. — Т. 15, вып. 3. — С. 130–131.
- Токранов А.М.** Пресноводные формы лососей Камчатского края // На перекрестке континентов : мат.-лы XXXI Крашенинниковских чтений. — Петропавловск-Камчатский : Камч. краев. науч. б-ка им. С.П. Крашенинникова, 2014. — С. 342–345.
- Цыгир В.В.** Возраст симы *Oncorhynchus masou* // *Вопр. ихтиол.* — 1988. — Т. 28, вып. 2. — С. 248–258.

Цыгир В.В. Жилая сима из бассейна Седанкинского водохранилища (южное Приморье) // Биология шельфовых и проходных рыб. — Владивосток : ДВО АН СССР, 1990. — С. 47–52.

Цыгир В.В., Барабанщиков Е.И., Шаповалов М.Е. Новые данные о симе *Oncorhynchus masou* (Salmonidae) из бассейна Дачинского водохранилища (Приморский край) // Изв. ТИНРО. — 2025. — Т. 205, вып. 4. — С. 625–640. DOI: 10.26428/1606-9919-2025-205-625-640. EDN: KYRFJF.

Цыгир В.В., Зайцев С.В. Выживаемость потомства проходных и неотенических самцов симы // Современное состояние исследований лососевидных рыб : тез. докл. 3-го Всесоюз. совещ. по лососевидным рыбам. — Тольятти : ИЭВБ АН СССР, 1988. — С. 356–358.

Цыгир В.В., Иванков В.Н. Жилая сима *Oncorhynchus masou* из бассейна Артемовского водохранилища (Приморский край) // Вопр. ихтиол. — 1987. — Т. 27, № 4. — С. 576–583.

Шедько С.В., Шедько М.Б. Новые данные по пресноводной ихтиофауне юга Дальнего Востока России // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. — Владивосток : Дальнаука, 2003. — Вып. 2. — С. 319–336.

Beamish R.J., Weitkamp L.A., Shaul L.D., Radchenko V.I. Ocean Life History of Coho Salmon // The Ocean Ecology of Pacific Salmon and Trout. — Bethesda, Maryland : American Fisheries Society, 2018. — P. 391–533.

Clutter R.I., Whitesel L.E. Collection and interpretation of sockeye salmon scales : Int. Pacif. Salmon Fish. Comm. — 1956. — Vol. 9. — 159 p.

Godfrey H. Salmon of the North Pacific Ocean: Part IX. Coho, chinook and masu salmon in offshore waters. 1. Coho salmon in offshore waters // Int. North Pac. Fish. Comm. Bull. — 1965. — Vol. 16. — P. 1–39.

Godfrey H., Henry K.A., Machidori S. Distribution and abundance of coho salmon in offshore waters of the North Pacific Ocean : Int. North Pac. Fish. Comm. Bull. — 1975. — Vol. 3. — 80 p.

Honda N., Kataoka T., Hoshino M., Seki Y. Studies on the reproduction of landlocked masu salmon *Oncorhynchus masou* (Brevoort), in Okutadami reservoir. IV. Resources amount of the salmonid fishes which ascend the Kitanomata river // Rept. Niigata Pref. Inland Water Fish. Exp. St. — 1983a. — Vol. 10. — P. 1–12 (in Japanese).

Honda N., Kataoka T., Hoshino M., Seki Y. Studies on the reproduction of landlocked masu salmon *Oncorhynchus masou* (Brevoort), in Okutadami reservoir. V. Studies on the growth and age of maturity of the land-locked masu in Okutadami reservoir // Rept. Niigata Pref. Inland Water Fish. Exp. St. — 1983b. — Vol. 10. — P. 13–20 (in Japanese).

Honda N., Kataoka T., Hoshino M., Seki Y. Studies on the reproduction of landlocked masu salmon, *Oncorhynchus masou*, in Okutadami reservoir. II. Ecology of landlocked masu salmon during the period of upstream migration for spawning // Rept. Niigata Pref. Inland Water Fish. Exp. St. — 1981. — Vol. 9. — P. 16–23 (in Japanese).

Honda N., Suzuki K., Amita K. et al. Studies on reproduction of landlocked masu salmon *Oncorhynchus masou* (Brevoort) in Okutadami reservoir. I. Vertical distribution and feeding habits of fish // Rept. Niigata Pref. Inland Water Fish. Exp. St. — 1980. — Vol. 8. — P. 5–15 (in Japanese).

Kataoka T., Honda N., Suzuki A. Studies on the reproduction of landlocked masu salmon, *Oncorhynchus masou*, in the Okutadami reservoir — VI. Resource amount of the salmonids // Rept. Niigata Pref. Inland Water Fish. Exp. St. — 1984. — Vol. 11. — P. 1–13 (in Japanese).

MacLellan S.E. Guide for sampling structures used in age determination of Pacific salmon. — British Columbia, Nanaimo : Pacific Biological Station, 1987. — 27 p.

MacLellan S.E. Guide for sampling structures used in age determination of Pacific salmon. — British Columbia, Nanaimo : Pacific Biological Station, 2004. — 31 p.

Morita K. General biology of masu salmon // The Ocean Ecology of Pacific Salmon and Trout. — Bethesda, Maryland : American Fisheries Society, 2018. — P. 703–730.

Osanai M. Ecological Studies on the landlocked masu salmon, *Oncorhynchus masou* (Brevoort). 1. Ecological succession on the limnological conditions and feeding habit of the lake-locked form at Uryu reservoir // Sci. Rep. Hok. Fish. Hatch. — 1962. — Vol. 17. — P. 21–29 (in Japanese).

Sandercock F.K. Life history of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) // Pacific Salmon Life Histories / eds C. Groot and L. Margolis. — Vancouver : UBC press, 1991. — P. 395–446.

Tamate T., Maekawa K. Life cycle of masu salmon (*Oncorhynchus masou*) in Shumarinai Lake, northern Hokkaido, Japan // Eurasian J. For. Res. — 2000. — Vol. 1. — P. 39–42.

Tsiger V.V., Skirin V.I., Krupyanko N.I. et al. Life history forms of male masu salmon (*Oncorhynchus masou*) in South Primor'e, Russia // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 1994. — Vol. 51, № 1. — P. 197–208. DOI: 10.1139/f94-022.

Utoh H. Study of the mechanism of differentiation between the stream resident form and the seaward migratory form in masu salmon, *Oncorhynchus masou* Brevoort. I. Growth and sexual maturity of precocious masu salmon parr // Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. — 1976. — Vol. 26(4). — P. 321–326 (in Japanese).

Utoh H. Study of the mechanism of differentiation between the stream resident form and the seaward migratory form in masu salmon, *Oncorhynchus masou* Brevoort. II. Growth and sexual maturity of precocious masu salmon parr // Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. — 1977. — Vol. 28(2). — P. 66–73 (in Japanese).

Yamaguchi K., Nakamura T., Maruyama T. Age composition, sex ratio, growth, and feeding habit of native and introduced hatchery-reared lake-run masu salmon, *Oncorhynchus masou masou* in a Japanese mountain reservoir // Suisan zoshoku. — 2000. — Vol. 48, № 4. — P. 615–622 (in Japanese).

References

Akulin, V.N., Gavrenkov, Yu.I., and Markovtsev, V.G., A record of the freshwater form of *Oncorhynchus masu* (Brevoort) (Salmonidae) in the reservoir of the Artemovsk hydrosystem (southern Primor'ye), *Vopr. Ikhtiol.*, 1984, vol. 24, no. 5, pp. 856–859. EDN: EADXFN

Berg, L.S., *Karlikovyie samtsy u ryb* (Dwarf males in fish), *Priroda*, 1926, no. 8, pp. 96–100.

Volobuev, V.V. and Marchenko, S.L., *Tikhookeanskiye lososi kontinental'nogo poberezh'ya Okhotskogo morya (biologiya, populyatsionnaya struktura, dinamika chislennosti, promysel)* (Pacific Salmon of the Continental Coast of the Okhotsk Sea (Biology, Population Structure, Abundance Dynamics, Fishery)), Magadan: Sev.-Vost. Nauchn. Tsentr Dal'nevost. Otd. Ross. Akad. Nauk, 2011.

Volobuev, V.V. and Rogatnykh, A.Yu., Ecological and morphological characteristics of coho salmon *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) (Salmonidae) from the mainland coast of the Sea of Okhotsk, *Vopr. Ikhtiol.*, 1982, vol. 22, no. 6, pp. 974–980. EDN: YVSBBU

Gritsenko, O.F., *Biologiya simy i kizhucha Severnogo Sakhalina* (Biology of masu and coho salmon in Northern Sakhalin), Moscow: VNIRO, 1973.

Gritsenko, O.F., *Prokhnodnye ryby ostrova Sakhalin (sistematika, ekologiya, promysel)* (Diadromous Fishes of Sakhalin (Systematics, Ecology, Fisheries)), Moscow: VNIRO, 2002.

Dvinin, P.A., Lake coho salmon *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) morpho relictus nova, *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 1949, vol. 69, no. 5, pp. 695–697.

Zorbidi, J.H., *Kizhuch aziatskikh stad* (Coho salmon of Asian herds), Petropavlovsk-Kamchatka: KamchatNIRO, 2010.

Ivankov, V.N. and Bronevsky, A.M., Postlarval neoteny in fishes, *Zool. Zh.*, 1978, vol. 57, no. 1, pp. 87–93.

Ivankov, V.N., Padetsky, S.N., Karpenko, S.N., and Lukyanov, P.E., Biology of anadromous fishes in southern Primorsky Krai, in *Biologiya prokhnodnykh ryb Dal'nego Vostoka* (Biology of Anadromous Fishes in the Far East), Vladivostok: Dal'nevost. Gos. Univ., 1984, pp. 10–36. EDN: WBQWNZ

Kashkin, K.A., Zolotukhin, S.F., and Tsygir, V.V., Catadromous migration of chum salmon in the rivers of southern Primorye, in *Tezisy dokl. 3-go Vsesoyuz. soveshch. po lososevidnym rybam "Sovremennoe sostoyanie issledovaniy lososevidnykh ryb"* (Proc. 3rd All-Sov. Meet. Salmonids "The Current State of Salmonid Research"), Tolyatti: Inst. Ekol. Volzhskogo Basseina Akad. Nauk SSSR, 1988, pp. 150–151.

Kirillova, E.A., Kirillov, P.I., Kuzishchin, K.V., Pavlov, D.S., Malyutina, A.M., and Gruzdeva, M.A., Resident coho salmon *Oncorhynchus kisutch* in the asian part of range. Revisiting the freshwater component in the structure of the species, *J. Ichthyol.*, 2021, vol. 61, no. 5, pp. 709–730. doi 10.1134/S003294522105009X. EDN: XRAUCU

Red Data Book of Kamchatskiy Krai. Vol. 1. Animals, Tokranov, A.M., ed., Petropavlovsk-Kamchatka: Kamchatpress, 2018.

Krykhtin, M.L., Materials on the riverine period in the life history of juvenile masu salmon, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1962, vol. 48, pp. 84–132.

Kurenkov, S.I., Residential coho salmon in Kamchatka, *Vopr. geografii Kamchatki*, 1977, no. 7, pp. 52–55.

Kurenkov, S.I., Gorshkov, S.A., and Tolstyak, T.I., The range and biology of the freshwater coho salmon *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) (Salmonidae) in Kamchatka, *Vopr. Ikhtiol.*, 1982, vol. 22, no. 6, pp. 966–973.

Lyubaev, V.Ya., Ecological and biotechnical aspects of creating coho salmon stocks at fish hatcheries, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Moscow: Moskovskaya humanitarno-tekhnicheskaya akademiya, 2002.

Marchenko, S.L., Coho salmon *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) on the continental coast of the Okhotsk Sea, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2022, vol. 202, no. 3, pp. 556–579. doi 10.26428/1606-9919-2022-202-556-579. EDN: FRJIJM

Marchenko, S.L., Volobuev, V.V., and Makarov, D.V., Biological structure of coho *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum) of the continental sea-shore of the Sea of Okhotsk, *Issled. Vodn. Biol. Resur. Kamchatki Sev.-Zapadn. Chasti Tikhogo Okeana*, 2013, vol. 29, pp. 70–83.

Moiseev, P.A., Formation of a residential form of masu salmon (*Oncorhynchus masou* morpho *formosanus* (Jordan et Oshima)) in the Sedanka River basin, *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 1957, vol. 112, no. 1, pp. 163–164.

Pravdin, I.F., *Rukovodstvo po izucheniyu ryb (preimushchestvenno presnovodnykh)* (Guide to the Study of Fish (Mainly Freshwater)), 4th ed., Moscow: Pishchevaya Promyshlennost', 1966.

Samuylov, A.Ye., Fishes of the Maikhe and Batalyanza River Basins, *Uchenyye zapiski Dal'nevostochnogo gosudarstvennogo universiteta*, 1971, vol. 15, no. 3, pp. 130–131.

Tokranov, A.M., Freshwater forms of salmon in the Kamchatka region, in *Na perekrestke kontinentov: mat-ly XXXI Krashenninnikovskikh chteniy* (At the crossroads of continents: materials of the XXXI Krashenninnikov Readings), Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamch. krayev. nauch. b-ka im. S.P. Krashenninnikova, 2014, pp. 342–345.

Tsygir, V.V., Age-related masu salmon *Oncorhynchus masou*, *Vopr. Ikhtiol.*, 1988, vol. 28, no. 2, pp. 248–258.

Tsygir, V.V., Residential masu salmon from the Sedankinskoe reservoir basin (southern Primorye), in *Biologiya shel'fovyykh i prokhodnykh ryb* (Biology of shelf and anadromous fish), Vladivostok: Dal'nevost. Otd., Akad. Nauk. SSSR, 1990, pp. 47–52.

Tsygir, V.V., Barabanshchikov, E.I., and Shapovalov, M.E., New data on masu salmon *Oncorhynchus masou* (Salmonidae) from the Dachinskoye reservoir (Primorye Region), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2025, vol. 205, no. 4, pp. 625–640. doi 10.26428/1606-9919-2025-205-625-640. EDN: KYRFJF

Tsygir, V.V. and Zaitsev, S.V., Survival of the offspring of anadromous and neotenic male masu salmon, in *Tezisy dokl. 3-go Vsesoyuz. soveshch. po lososevidnym rybam "Sovremennoe sostoyanie issledovaniy lososevidnykh ryb"* (Proc. 3rd All-Sov. Meet. Salmonids "The Current State of Salmonid Research"), Tolyatti: Inst. Ekol. Volzhskogo Basseina Akad. Nauk SSSR, 1988, pp. 356–358.

Tsygir, V.V. and Ivankov, V.N., The freshwater masu *Oncorhynchus masou* from the Artemovsk reservoir basin (the Maritime Province of the USSR Pacific coast), *Vopr. Ikhtiol.*, 1987, vol. 27, no. 4, pp. 576–583.

Shedko, S.V. and Shedko, M.B., A new data on freshwater ichthyofauna of the south of the Russian Far East, in *Chleniya pamyati Vladimira Yakovlevicha Levanidova* (Vladimir Yakovlevich Levanidov's Biennial Memorial Meetings), Vladivostok: Dal'nauka, 2003, vol. 2, pp. 319–336.

Beamish, R.J., Weitkamp, L.A., Shaul, L.D., and Radchenko, V.I., Ocean Life History of Coho Salmon, *The Ocean Ecology of Pacific Salmon and Trout.*, Bethesda, Maryland: American Fisheries Society, 2018, pp. 391–533.

Clutter, R.I. and Whitesel, L.E., Collection and interpretation of sockeye salmon scales, *Int. Pacif. Salmon Fish. Comm.*, 1956, vol. 9.

Godfrey, H., Salmon of the North Pacific Ocean: Part IX. Coho, chinook and masu salmon in offshore waters. 1. Coho salmon in offshore waters, *Int. North Pac. Fish. Comm. Bull.*, 1965, vol. 16, pp. 1–39.

Godfrey, H., Henry, K.A., and Machidori, S., Distribution and abundance of coho salmon in offshore waters of the North Pacific Ocean, *Int. North Pac. Fish. Comm. Bull.*, 1975, vol. 3.

Honda, N., Kataoka, T., Hoshino, M., and Seki, Y., Studies on the reproduction of landlocked masu salmon *Oncorhynchus masou* (Brevoort), in Okutadami reservoir. IV. Resources amount of the salmonid fishes which ascend the Kitanomata river, *Rept. Niigata Pref. Inland Water Fish. Exp. St.*, 1983, vol. 10, pp. 1–12 (in Japanese).

Honda, N., Kataoka, T., Hoshino, M., and Seki, Y., Studies on the reproduction of landlocked masu salmon *Oncorhynchus masou* (Brevoort), in Okutadami reservoir. V. Studies on the growth and age of maturity of the land-locked masu in Okutadami reservoir, *Rept. Niigata Pref. Inland Water Fish. Exp. St.*, 1983, vol. 10, pp. 13–20 (in Japanese).

Honda, N., Kataoka, T., Hoshino, M., and Seki, Y., Studies on the reproduction of landlocked masu salmon, *Oncorhynchus masou*, in Okutadami reservoir. II. Ecology of landlocked masu salmon during the period of upstream migration for spawning, *Rept. Niigata Pref. Inland Water Fish. Exp. St.*, 1981, vol. 9, pp. 16–23 (in Japanese).

Honda, N., Suzuki, K., Amita, K., Kataoka, T., and Emura, K., Studies on reproduction of landlocked masu salmon *Oncorhynchus masou* (Brevoort) in Okutadami reservoir. I. Vertical distribution and feeding habits of fish, *Rept. Niigata Pref. Inland Water Fish. Exp. St.*, 1980, vol. 8, pp. 5–15 (in Japanese).

Kataoka, T., Honda, N., and Suzuki, A., Studies on the reproduction of landlocked masu salmon, *Oncorhynchus masou*, in the Okutadami reservoir — VI. Resource amount of the salmonids, *Rept. Niigata Pref. Inland Water Fish. Exp. St.*, 1984, vol. 11, pp. 1–13 (in Japanese).

MacLellan, S.E., *Guide for sampling structures used in age determination of Pacific salmon*, British Columbia, Nanaimo: Pacific Biological Station, 1987.

MacLellan, S.E., *Guide for sampling structures used in age determination of Pacific salmon*, British Columbia, Nanaimo: Pacific Biological Station, 2004.

Morita, K., General biology of masu salmon, in *The Ocean Ecology of Pacific Salmon and Trout*, Bethesda, Maryland: American Fisheries Society, 2018, pp. 703–730.

Osanai, M., Ecological succession on the landlocked masu salmon, *Oncorhynchus masou* (Brevoort). 1. Ecological succession on the limnological conditions and feeding habit of the lake-locked form at Uryu reservoir, *Sci. Rep. Hok. Fish. Hatch.*, 1962, vol. 17, pp. 21–29 (in Japanese).

Sandercock, F.K., Life history of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*), *Pacific Salmon Life Histories*, Groot, C. and Margolis, L., eds, Vancouver: UBC Press, 1991, pp. 395–446.

Tamate, T. and Maekawa, K., Life cycle of masu salmon (*Oncorhynchus masou*) in Shumarinai Lake, northern Hokkaido, Japan, *Eurasian J. For. Res.*, 2000, vol. 1, pp. 39–42.

Tsiger, V.V., Skirin, V.I., Krupyanko, N.I., Kashkin, K.A., and Semenchenko, A.Yu., Life history forms of male masu salmon (*Oncorhynchus masou*) in South Primor'ye, Russia, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1994, vol. 51, № 1, pp. 197–208. doi 10.1139/f94-022

Utoh, H., Study of the mechanism of differentiation between the stream resident form and the seaward migratory form in masu salmon, *Oncorhynchus masou* Brevoort. I. Growth and sexual maturity of precocious masu salmon parr, *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 1976, vol. 26, no. 4, pp. 321–326 (in Japanese).

Utoh, H., Study of the mechanism of differentiation between the stream resident form and the seaward migratory form in masu salmon, *Oncorhynchus masou* Brevoort. II. Growth and sexual maturity of precocious masu salmon parr, *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 1977, vol. 28, no. 2, pp. 66–73 (in Japanese).

Yamaguchi, K., Nakamura, T., and Maruyama, T., Age composition, sex ratio, growth, and feeding habit of native and introduced hatchery-reared lake-run masu salmon, *Oncorhynchus masou masou* in a Japanese mountain reservoir, *Suisan zoshoku*, 2000, vol. 48, no. 4, pp. 615–622 (in Japanese).

Romanov, N.S., *Razrabotka biologicheskikh osnov upravlyayemogo lososevogo khozyaystva na baze zavodskikh populatsiy ryb. Materialy po vliyaniyu samtsov simy na biologicheskiye pokazateli potomstva* (Development of the Biological Foundations of Managed Salmon Farming Based on Hatchery Populations. Materials on the Effect of Male Cherry Salmon on the Biological Parameters of Offspring), Available from TINRO, 1986, Vladivostok, no. GR 01823005274, inv. no. 0287.0 039753.

Romanov, N.S., *Sovershenstvovaniye biotekhniki iskusstvennogo razvedeniya tikhookeanskikh lososey. Materialy po presnovodnomu vyrashchivaniyu i adaptatsii molodi kizhucha k morskoy vode* (Improving Biotechnology for Artificial Breeding of Pacific Salmon. Materials on Freshwater Cultivation and Adaptation of Juvenile Coho Salmon to Seawater), Available from TINRO, 1987, Vladivostok, no. GR 01822005315, inv. no. 028.80 017653.

Поступила в редакцию 3.02.2026 г.

После доработки 5.03.2026 г.

Принята к публикации 6.03.2026 г.

The article was submitted 3.02.2026; approved after reviewing 5.03.2026;
accepted for publication 6.03.2026

Краткое сообщение

УДК 597.552.511(282.257.82)

DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-149-160

EDN: PCBNRJ

НОВЫЕ ДАННЫЕ О ДЖЕКАХ СИМЫ *ONCORHYNCHUS MASOU*
(SALMONIDAE) В ВОДАХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

В.В. Цыгир, Е.И. Барабанщиков, Е.В. Колпаков*

Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

Аннотация. Представлены новые сведения о распространении джеков симы в водах Приморского края. Исследована чешуя трех джеков (2 экз. из р. Серебрянка и 1 экз. из района р. Самарга), определены возраст и предыдущее созревание на стадии пестрятки. В р. Серебрянка джеки представлены двумя ранее известными экологическими формами: как не созревающим в реке на стадии пестрятки, так и прежде созревающим карликовым самцом. По сравнению с джеками из рек южного Приморья, обнаруженные в северном Приморье (в границах Приморского края) экземпляры были более крупными — длиной тела от 345 до 403 мм.

Ключевые слова: сима, *Oncorhynchus masou*, джеки, чешуя, возраст, нерестовая марка, река Серебрянка, река Самарга, Приморский край

Для цитирования: Цыгир В.В., Барабанщиков Е.И., Колпаков Е.В. Новые данные о джеках симы *Oncorhynchus masou* (Salmonidae) в водах Приморского края // Изв. ТИНРО. — 2026. — Т. 206, вып. 1. — С. 149–160. DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-149-160. EDN: PCBNRJ.

Short message

New data on jacks of masu salmon *Oncorhynchus masou* (Salmonidae)
in the waters of Primorye Region

Victor V. Tsygir*, Evgeny I. Barabanshchikov**, Evgeny V. Kolpakov***

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

* chief specialist, victor.tsygir@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0002-1375-586X

** Ph.D., head of laboratory, evgenii.barabanshchikov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-2609-7555

*** chief specialist, kolpakovternei@mail.ru, ORCID 0000-0003-1916-3769

Abstract. New data on distribution of masu salmon jacks in the waters of Primorye Region are presented. Scales of three masu salmon jacks (two from the Serebryanka River and one from the Samarga River area) were analyzed. Age and previous maturation as parr were

* Цыгир Виктор Валентинович, главный специалист, victor.tsygir@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0002-1375-586X; Барабанщиков Евгений Иванович, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией, evgenii.barabanshchikov@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-2609-7555; Колпаков Евгений Викторович, главный специалист, kolpakovternei@mail.ru, ORCID 0000-0003-1916-3769.

estimated. In the Serebryanka River, masu salmon were represented by two previously known life history forms: the jack that did not mature in the river as parr, and the jack previously matured as dwarf male. Compared to masu salmon from the rivers of southern Primorye, the specimens found in northern Primorye were larger: their fork length ranged from 345 to 403 mm.

Keywords: masu salmon, *Oncorhynchus masou*, jack, fish scale, fish age, spawning mark, Serebryanka River, Samarga River, Primorye Region

For citation: Tsygir V.V., Barabanshchikov E.I., Kolpakov E.V. New data on jacks of masu salmon *Oncorhynchus masou* (Salmonidae) in the waters of Primorye Region, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2026, vol. 206, no. 1, pp. 149–160. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-149-160. EDN: PCBNRJ.

Введение

В пределах естественного ареала воспроизводства сима *Oncorhynchus masou* (Salmonidae) образует морскую проходную (мигрирующую в море; sea-run form) и жилые (воспроизводящиеся в пресных водоемах) формы. Самки и часть самцов морской проходной формы сими после 1–3 зимовок в реках мигрируют в море, где они живут, как правило, одну зиму [Machidori, Kato, 1984; Цыгир, 1988; Шунтов, Темных, 2011; Morita, 2018]. После нагула и роста в море производители сими в возрасте $p.1+^*$ мигрируют в реки для нереста, который происходит осенью — в конце лета.

Очень редко в естественных популяциях морской проходной сими встречаются самцы, созревающие в возрасте $p.0+^*$. Их доля среди морских производителей сими составляет менее 0,5 %, и они были обнаружены лишь в некоторых реках Приморского края [Tsiger et al., 1994]. Они не зимуют в море и возвращаются в реки для нереста осенью в том же году, в котором они весной мигрировали из рек в море. По аналогии с самцами кижуча, созревающими в возрасте $p.0+^{**}$ [Sandercock, 1991; Beamish et al., 2018], половозрелых самцов сими в возрасте $p.0+$ называют «джеками» (англ. «jacks») [Tsiger et al., 1994; Семенченко и др., 2003; Morita, 2018]. В некоторых публикациях [Семенченко, 1985; Семенченко и др., 2003] для обозначения половозрелых самцов сими в возрасте $p.0+$ используется название «каюрка» по аналогии с самцами нерки небольшого размера, зимовавшими в море и созревшими в возрасте $p.1+$. По нашему мнению, для сими название «джек» по аналогии с кижучем ($p.0+$), является более соответствующим.

Кроме джеков естественных популяций, они были получены в искусственных условиях в Японии и в России [Shimoda, 2001; Семенченко и др., 2003]. В настоящее время в естественных популяциях известны только для водоемов России. Джеки сими естественного происхождения из рек других стран в литературных источниках не упоминаются.

Предыдущие наши исследования чешуи джеков, а также внешнего вида, гонад и чешуи смолтов сими [Tsiger et al., 1994] показали, что в реках южного Приморья (Приморье — Приморский край) джеки представлены двумя экологическими формами — созревшими в реках на стадии пестрятки^{***}, не созревшими в реках. Джеки первой формы до миграции из рек в море созревали в реках один или два раза и, возможно, принимали участие в нересте.

Целью работы является представление новых данных о распространении джеков сими в водах Приморского края, включая неопубликованные данные о случаях их поимки, результатов исследования чешуи джеков и причин их появления в водах северного Приморья.

* В обозначении возраста цифра перед точкой означает количество прожитых зим в реке, а цифра после точки — количество зим в море. В случае если количество зим в реке не имеет значения, в данной статье используется буква «р». В случае для сими — «р» может варьировать от 1 до 3.

** Терминология в настоящей работе не совпадает с терминологией в публикации С.Л. Марченко [2023].

*** Таких самцов сими называют карликовыми, речными, неотеническими, остаточными.

Материалы и методы

Область распространения джеков симы. Список рек, в которых были обнаружены джеки симы, составлен по опубликованным [Семенченко, 1985; Tsiger et al., 1994; Семенченко и др., 2003; Колпаков и др., 2008], неопубликованным данным Е.И. Барабанщикова, которые были собраны в 1987 г., в конце 1990-х — начале 2000-х гг., а также по данным В.В. Каханова о случае поимки джека симы в районе р. Самарга в 2025 г.

Исследования чешуи. Материалом для работы послужили образцы чешуи двух джеков из р. Серебрянка (2007 г.) и одного джека из района р. Самарга (2025 г.), а также материалы биологического анализа трех вышеуказанных рыб и одного джека из р. Серебрянка (2008 г.), образцы чешуи которого не сохранились.

Стандартное место сбора чешуи у тихоокеанских лососей (так называемая зона «А») расположено между спинным и жировым плавниками [MacLellan, 1987, 2004] (преимущественно выше боковой линии). Сбор чешуи лососей в вышеуказанном месте обусловлен тем, что чешуя на теле молоди тихоокеанских лососей закладывается в зоне «А» раньше других мест, поэтому собранная здесь чешуя имеет наибольшее количество склеритов [Clutter, Whitesel; 1956], а также, вероятно, и наибольший радиус.

У джека из района р. Самарга (2025 г.) чешуя была собрана в зоне «А». Чешую симы из р. Серебрянка (2007 г.) собирали не в стандартном месте, а между задней границей спинного плавника и жировым плавником в 8–20-м рядах выше боковой линии, что соответствует месту между точками № 18 и 10 по схеме К. Ohkuma [1991]. Радиус чешуи и количество склеритов в этой зоне меньше, чем в стандартном месте сбора [Ohkuma, 1991].

После изъятия чешуи из чешуйных книжек ее отмывали от слизи и загрязнений. Затем изучали под биноклями МБС-10 (производство СССР) и RF4 (7–50×) (производство КНР), отбирали образцы с невосстановленными центрами по возможности наиболее крупные и «правильной» формы. Из отобранных чешуй изготовили препараты на предметных стеклах, после чего получили их изображения с помощью видеокамеры (Mіchrome 20: производитель «Tucsen», КНР), установленной на микроскоп-тринокуляр (AmScope Doctor Veterinary Clinic Microscope, производство КНР). Для каждого экземпляра симы было исследовано более 20 чешуй.

Сроки миграций смолтов из рек, нерестовой миграции и нереста симы. В работе использованы неопубликованные и опубликованные данные о сроках миграции смолтов симы из рек в морские воды, опубликованные данные о сроках нерестовой миграции и нереста симы.

Во всех случаях приводится длина тела рыб по Смитту (АС, или Fork length (FL)). Стадия зрелости гонад определена по методике И.Ф. Правдина [1966].

Результаты и их обсуждение

Область распространения и размеры джеков симы. До 2007 г. джеки симы были обнаружены в реках от р. Цукановка (на юге) до р. Аввакумовка (на севере): Цукановка, Пойма, Таксани, Нарва, Сухая Речка, Кедровая, Барабашевка, Раздольная, Шкотовка, Суходол, Киевка, Осиновая, Аввакумовка [Семенченко, 1985; Tsiger et al., 1994; Семенченко и др., 2003; неопубл. данные Е.И. Барабанщикова]. Кроме того, в реках Рязановка, Пойма, Нарва, Амба, Ананьевка и Нежинка были обнаружены «потенциальные джеки». Это были самцы с признаками смолтификации и достаточно развитыми гонадами для их созревания в год миграции из рек в море [Tsiger et al., 1994].

В 2007 г. два джека симы были пойманы в северном Приморье на значительном удалении (185 км) на северо-восток от северной границы прежде известных мест их поимок (р. Аввакумовка), в приустьевой части р. Серебрянка* (Тернейский район При-

* Длина р. Серебрянка составляет около 74 км. Впадает в бухту Серебрянка (до 1972 г. — бухта Терней). Координаты устья: 45°02'00" с.ш. 136°38'43" в.д.

морского края) [Колпаков и др., 2008] (рис. 1). Первый джек из вышеуказанного места был пойман 12 июля 2007 г. Длина его тела составила 355 мм, масса — 730 г, масса гонад — 63 г, гонадо-соматический индекс (ГСИ) — 8,6 %, стадия зрелости гонад — IV. Второй джек из того же места был пойман 3 сентября 2007 г. Длина тела — 375 мм*, масса — 763 г, стадия зрелости гонад — IV.

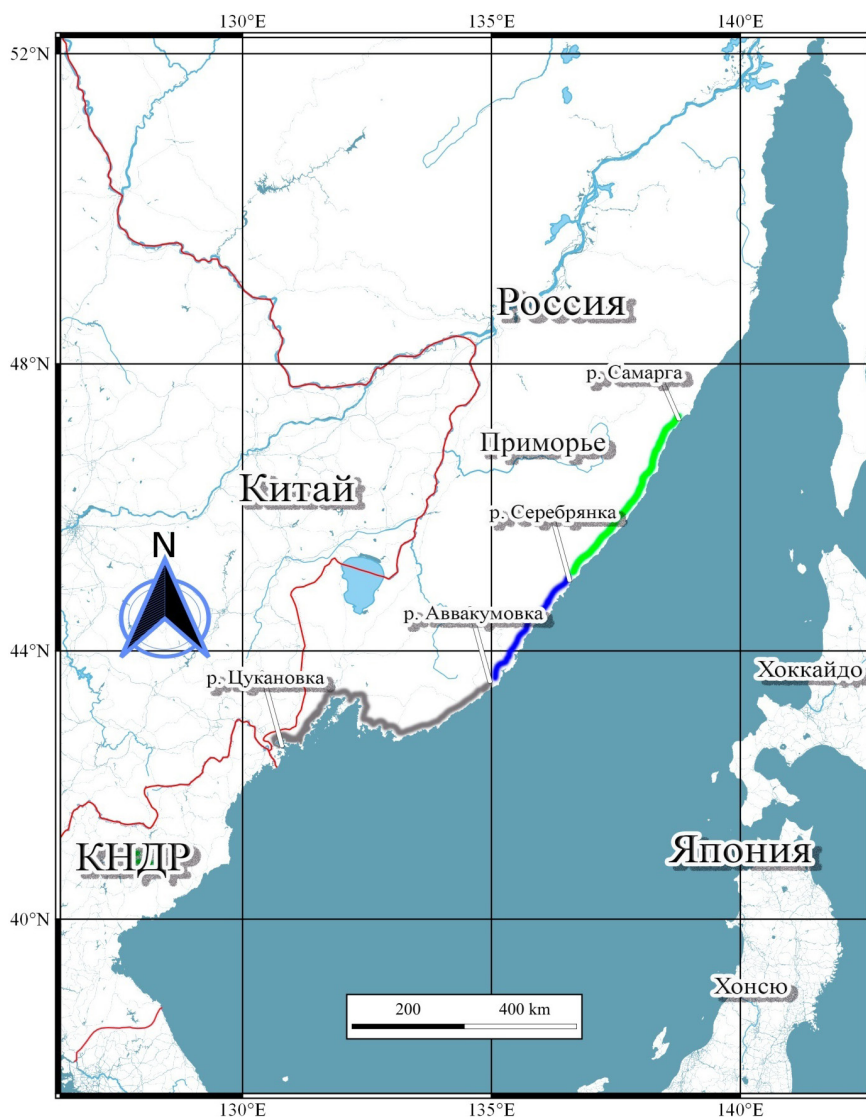


Рис. 1. Карта-схема распространения джексов симы в реках Приморского края. Береговая линия *серого цвета* — первоначальная информация о джеках из рек южного Приморья от р. Цукановка до р. Аввакумовка [Tsiger et al., 1994; Семенченко и др., 2003], *синий цвет* — участок от р. Аввакумовка до р. Серебрянка [Колпаков и др., 2008], *зеленый цвет* — от р. Серебрянка до р. Самарга [по данным настоящей публикации]

Fig. 1. Range of masu salmon jacks distribution in Primorye. Colors of the coastline show the sources of the data on findings of the jacks: *gray color* — the area from Tsukanovka River to Avvakumovka River [Tsiger et al., 1994; Semenchenko et al., 2003], *blue color* — the area from Avvakumovka River to Serebryanka River [Kolpakov et al., 2008], *green color* — the area from Serebryanka River to Samarga River (our new data)

* В публикации Е.В. Колпакова с соавторами [2008] указывается, что длина тела данного джека составила 385 мм, однако в соответствии с записью в чешуйной книжке длина рыбы — 375 мм.

Помимо двух вышеупомянутых джеков симы, в р. Серебрянка 15 августа 2008 г. был выловлен еще один (третий) джек. Длина его тела была 345 мм, масса — 850 г, стадия зрелости гонад — IV. Морфометрическое описание этого экземпляра не было выполнено, а сведения о нем не вошли в работу Е.В. Колпакова с соавторами [2008].

Кроме трех джеков симы из р. Серебрянка, 30 августа 2025 г. половозрелый самец симы длиной тела 403 мм был пойман ставным неводом в море значительно севернее устья р. Серебрянка — на удалении более 290 км, в 2 км на юго-запад от устья р. Самарга. Изображение рыбы приводится на рис. 2. Масса тела самца составила 765 г, масса гонад — 56 г, ГСИ — 7,3 %, стадия зрелости гонад — IV. Исследование его чешуи (см. ниже) показало, что этот самец был джеком.



Рис. 2. Джек симы длиной тела 403 мм (самец, стадия зрелости гонад — IV), пойман 30 августа 2025 г. ставным неводом в Японском море в 2 км на юго-запад от устья р. Самарга

Fig. 2. Masu salmon jack (male, fork length 403 mm, gonad maturity IV) caught by set net in the sea 2 km southwest from the mouth of Samarga River on August 30, 2025

Необходимо отметить, что поимка особи проходной симы с гонадами на IV стадии зрелости в море на удалении около 2 км от устья р. Самарга не гарантирует, что данная рыба впоследствии мигрировала бы для нереста именно в эту реку. Нельзя исключить, что данная особь мигрировала бы в какую-либо другую реку, например в р. Единка (южнее р. Самарга) или в р. Желтую (севернее р. Самарга).

Карта-схема распространения джеков симы в водах Приморья, представленная на рис. 1, показывает, что область их распространения охватывает в настоящее время почти все реки Приморского края — от рек Хасанского района на юге до р. Самарга на севере Приморского края.

Размеры четырех джеков из вод северного Приморья (345–403 мм) превышают их известные размеры для рек южного Приморья, в которых наибольшая длина тела составляла 325 мм [Tsiger et al., 1994].

Результаты исследований чешуи. Чешуя джеков симы из приустьевой части р. Серебрянка до настоящего исследования не изучалась. Ее анализ показал, что на чешуе джека длиной тела 355 мм имеются нерестовые марки. Они образовались после созревания и нереста в реке в возрасте 1+ в 2006 г., после чего карликовый самец не погиб, а весной следующего года смолтифицировался и мигрировал из реки в море, где прожил несколько месяцев. Таким образом, возраст данного самца соответствует обозначению 2.0+, а с учетом нерестовой марки — 1+SM.0+. Нерестовые марки наблюдаются на многих чешуях, а на некоторых выражены очень отчетливо (рис. 3). Это свидетельствует о том, что после созревания на стадии пестрятки (карликовым самцом) длина и масса тела рыбы существенно уменьшались из-за ее истощения. В результате этого склериты по наружному краю чешуи резорбировались, а ее задняя часть разрушилась практически полностью.

На чешуях другого джека, пойманного 2 сентября 2007 г. в районе р. Серебрянка, нерестовые марки отсутствовали. Судя по структуре его чешуи, он прожил одну зиму в реке, после чего мигрировал в море. После нескольких месяцев роста в море он



Рис. 3. Изображения двух образцов чешуи джека симы из приустьевой части р. Серебрянка. Длина тела АС — 355 мм, масса — 730 г, масса гонад — 63 г, ГСИ — 8,6 %, стадия зрелости гонад — IV, дата поимки — 12 июля 2007 г. *Стрелки*, направленные сверху вниз, указывают на два годовых кольца, образовавшиеся в пресной воде. *Стрелки*, направленные снизу вверх под углом (справа налево), указывают на нерестовую марку (SM). Возраст рыбы — 2.0+ (без учета нерестовой марки), или 1+SM.0+ (с учетом нерестовой марки)

Fig. 3. Scale of masu salmon jack caught in the estuary of Serebryanka River on July 12, 2007 (fork length 355 mm, body weight 730 g, gonad weight 63 g, gonad-somatic index 8.6 %, gonad maturity IV). *Downward arrows* indicate two annual rings formed in fresh water; *inclined upward arrows* indicate a spawning mark (SM). The age of fish is 2.0+ (not taking to account the spawning mark) or 1+SM.0+ (taking to account the spawning mark)

мигрировал к местам нереста в реке. Возраст этого джека соответствует обозначению 1.0+, изображения его чешуи представлены на рис. 4.

Чешуя третьего джека симы из р. Серебрянка, пойманного 15 августа 2008 г., не сохранилась. Поэтому оценки его возраста, предыдущего созревания и принадлежности к какой-либо из известных экологических форм сделать не представляется возможным.

Исследование чешуи джека из района р. Самарга, пойманного 30 августа 2025 г., показало, что этот самец прожил одну зиму в реке и несколько месяцев в море. Следовательно, он является джеком, а его возраст соответствует обозначению 1.0+ (рис. 5).

Исследование чешуи выявило, что в р. Серебрянка обнаружены обе ранее известные формы джеков: как не созревавший в реке на стадии пестрятки; так и джек симы, прежде созревавший карликовым самцом.

Возможные районы образования джеков симы. Для образования джеков симы в естественных популяциях необходимо, чтобы между временем миграции смолтов из реки в море и временем нерестовой миграции анадромных производителей из моря в реку был возможен период нагула в море в течение нескольких месяцев. Для рек южного Приморья это условие давно выполняется, так как между началом миграции смолтов симы из рек в море (конец апреля) и временем нереста (конец сентября — начало октября) в данном районе имеется временной промежуток, который может достигать пяти месяцев. За этот период некоторые самцы симы в естественных условиях созревают в море без зимовки — в возрасте р.0+.

Сроки миграции смолтов симы из рек в море. В реках бассейна Амурского залива миграция смолтов симы из рек в морские воды в 1985–1991 гг. происходила



Рис. 4. Изображения двух образцов чешуи джека сими из приустьевой части р. Серебрянка длиной тела 375 мм (масса тела — 763 г, стадия зрелости — IV, дата поимки — 3 сентября 2007 г.). Стрелки указывают на единственное годовое кольцо, образовавшееся в пресной воде

Fig. 4. Scale of masu salmon jack caught in the estuary of Serebryanka River on September 3, 2007 (fork length 375 mm, body weight 763 g, gonad maturity IV). Arrows indicate single annual ring formed in fresh water

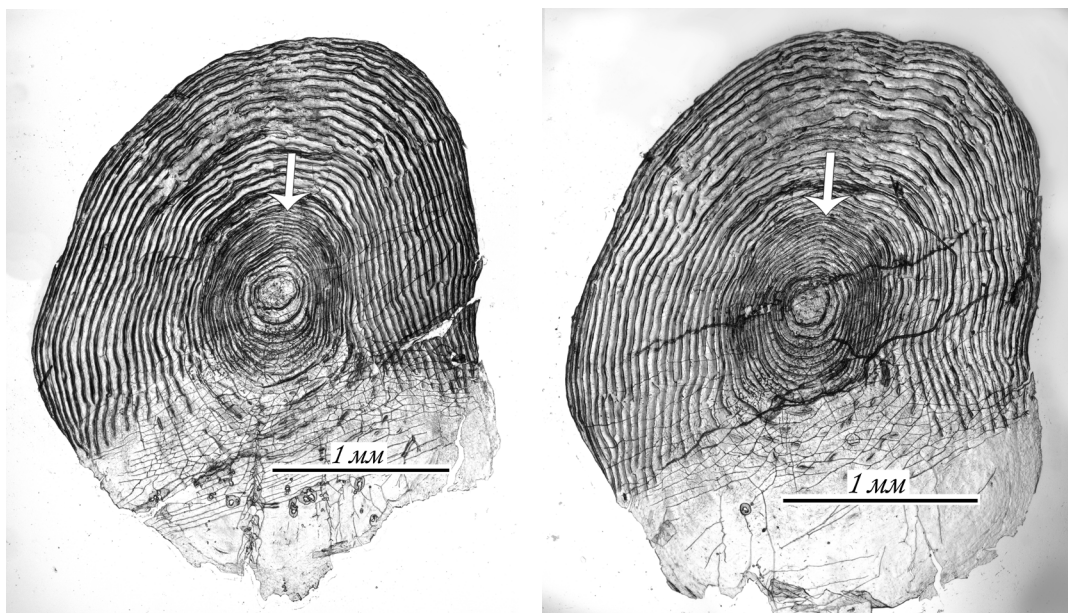


Рис. 5. Изображения двух образцов чешуи джека сими из района р. Самарга (2 км на юго-запад от устья реки) длиной тела 403 мм (масса тела — 765 г, масса гонад — 56 г, стадия зрелости — IV, дата поимки — 30 августа 2025 г.). Стрелки указывают на годовое кольцо, образовавшееся в пресной воде

Fig. 5. Scale of masu salmon jack from the area of Samarga River (caught in the sea 2 km south-west from the mouth of the river) on August 30, 2025 (fork length 403 mm, body weight 765 g, gonad weight 56 g, gonad maturity IV). Arrows indicate single annual ring formed in fresh water

с конца апреля по первую декаду июня включительно. Основное количество смолтов симы из вышеуказанных рек мигрировало в морские воды в мае [Семенченко, 1988*, 1989**; Tsiger et al., 1994]. Информация о сроках миграции смолтов симы из рек северного Приморья в морские воды в литературных источниках неоднозначна. По данным А.Ю. Семенченко [1989; с. 71] общей чертой поведения рыб, принадлежащих к разным популяциям приморской симы, являются одинаковые сроки ската в весеннее время. Однако по другим данным в р. Желтой в 1977–1978 гг. молодь (симы) скатывалась в первой половине июня [Парпура, Семенченко, 1989; с. 123], а в р. Таежной в 1982–1984 гг. — в июне-июле [Парпура, Бокуть, 1988].

Сроки нереста. Нерест симы в реках бассейна Амурского залива (южное Приморье) в 1985–1991 гг. происходил во второй половине сентября — первой декаде октября, наиболее массовый — в начале третьей декады сентября. О сроках нереста симы в р. Серебрянка в литературе не сообщалось, но известно, что нерестовый ход симы в ней заканчивается в середине — конце сентября [Колпаков и др., 2008]. Соответственно, нерест происходил несколько позже, а для образования джеков симы есть (было) несколько месяцев для роста и созревания их в море.

В р. Самарга в 1980-е гг. сима нерестилась с конца июля по середину августа [Семенченко, 1989**; с. 51], а в 2005 г. — в середине июля — конце июля [Семенченко, 2006; с. 121]. Однако с 2016 г. динамика нерестовой миграции симы в р. Самарга и в другие реки северного Приморья изменилась. Помимо нерестовой миграции анадромных производителей в реки с мая по начало августа появилась и более поздняя миграция — с третьей декады августа по третью декаду сентября [Барабанщиков, 2023]. Следовательно, нерест какой-то части производителей симы в р. Самарга (и близрасположенных североприморских реках) стал происходить в значительно более поздние сроки — по третью декаду сентября — начало октября. Этот ранее не известный факт согласуется с обнаружением джека симы в районе р. Самарга 30 августа 2025 г.

Диаграмма жизненного цикла симы в популяциях Приморского края с различными формами половозрелых самцов представлена на рис. 6 [по: Morita, 2018; с уточнениями для симы популяций Приморья]. На ней не обозначены смолты в возрасте 3(+) и соответствующие им производители (3.1+), так как в реках Приморья такие рыбы пока не обнаружены. На схеме также не обозначены карликовые самки, созревающие на стадии пестрятки, которые известны по трем экземплярам из бассейна р. Киевка [Иванков и др., 1981].

Заключение

Известная область распространения джеков симы охватывает в настоящее время почти все реки Приморского края — от рек Хасанского района на юге до р. Самарга на севере Приморского края. В североприморской р. Серебрянка обнаружены обе ранее известные для южного Приморья формы джеков симы — не созревавший в реке на стадии пестрятки и джек, прежде созревавший карликовым самцом. По сравнению с джеками из рек южного Приморья, наибольшая известная длина которых составляет 325 мм, обнаруженные в северном Приморье особи были более крупными — длиной от 345 до 403 мм. Обнаружение джеков симы в популяциях северного Приморья согласуется с появлением там поздно мигрирующих на нерест (в сентябре) производителей симы.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают благодарность сотруднику ТИНРО В.В. Каханову, собравшему в 2025 г. и предоставившему авторам материалы по лососям из района р. Самарга (Приморский край), включая их изображения и результаты измерений, а также сборы чешуи,

* Семенченко А.Ю. Данные о численности и популяционной структуре кеты и симы из рек южного Приморья: отчет о НИР / ТИНРО. № 20586. Владивосток, 1988. 53 с.

** Семенченко А.Ю. Материалы о численности и составе популяций кеты и симы из рек южного Приморья: отчет о НИР / ТИНРО. № 20836. Владивосток, 1989. 63 с.

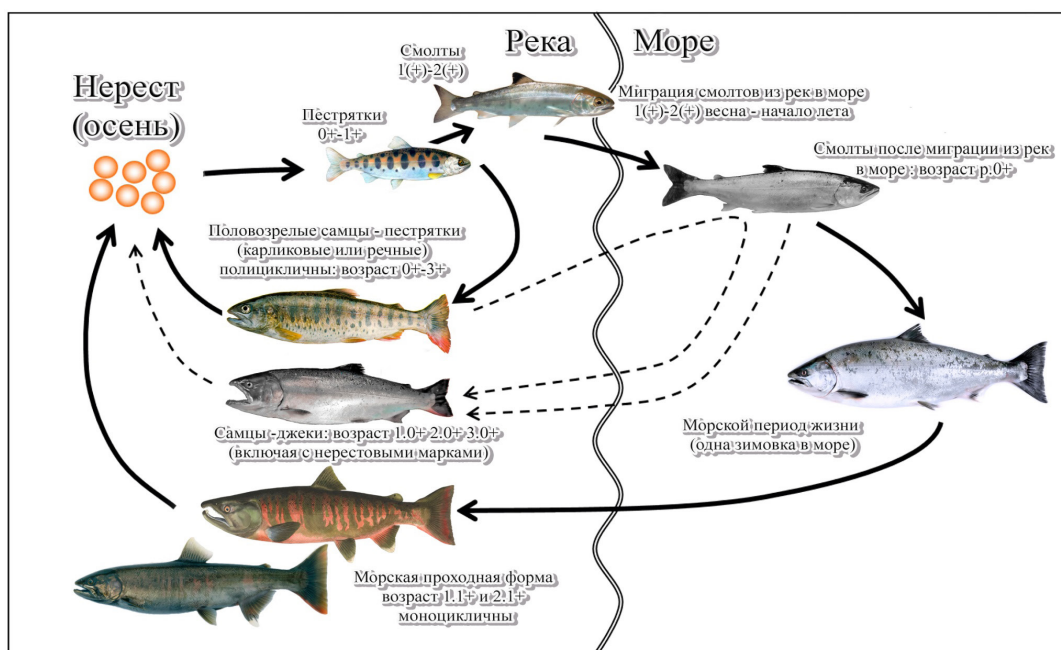


Рис. 6. Схема (диаграмма) жизненного цикла симы в популяциях морской проходной формы с джеками в водоемах Приморья [по: Morita, 2018; с уточнениями для симы популяций Приморья]. Смолты в возрасте 3(+) и соответствующие им производители на схеме не обозначены, так как в реках Приморья они пока не обнаружены. Карликовые самки, созревающие пестрятками и известные по нескольким экземплярам из р. Киевка, также не указаны

Fig. 6. Life cycle diagram for masu salmon in populations of sea-run form with jacks in the waters of Primorye [after Morita, 2018, with corrections for masu salmon in Primorye]. Smolts at age 3(+) and corresponding adults are not shown, being not recorded yet in the rivers of Primorye. Dwarf females rarely maturing as parrs in the Kievka River are not shown, as well

в том числе чешую джека симы и других рыб. Авторы также благодарны уважаемым рецензентам за их ценные и конструктивные замечания по содержанию рукописи.

The authors are personally grateful to V.V. Kahanov (TINRO) who collected and provided the data on salmons in the Samarga River area in 2025, including the images, biological measurements, and scale samples, including the scales of masu salmon jack. The authors are also thankful to anonymous reviewers for their valuable and constructive comments to the manuscript.

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 использования животных были соблюдены. Информация о пойманных рыбах включена в статью. Библиографические ссылки на все использованные в работе данные других авторов оформлены в соответствии с правилами данного журнала.

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

All applicable international, national and/or institutional guidelines for the use of animals were followed. Information on the caught fish is presented in the article. Bibliographic references to all data from other authors are formatted in accordance with the rules of the journal.

The authors declare that they have no conflict of interest.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

В.В. Цыгир подготовил препараты чешуи, получил изображения образцов чешуи, сделал оценки возраста симы, подготовил рисунки и проект рукописи, а также выполнял его редактирование. Е.И. Барабанщиков производил наблюдения за нерестовым ходом симы и других видов лососей в р. Самарга и в других реках северного Приморья, принимал участие в обсуждении и редактировании проекта рукописи. Е.В. Колпаков осуществлял наблюдения за нерестовым ходом симы и других видов лососей в р. Серебрянка, собрал материал по джекам симы из р. Серебрянка, принимал участие в подготовке рисунков, обсуждении и редактировании проекта рукописи.

V.V. Tsygir made scale preparations and images of the scale, estimated the age of masu salmon, and wrote and illustrated the text of manuscript. E.I. Barabanshchikov observed the spawning run of masu salmon and other salmon species in the Samarga and other rivers of northern Primorye, discussed results of the study, and edited the draft of manuscript. E.V. Kolpakov observed the spawning run of masu salmon and other salmon species in the Serebryanka River and collected the samples of masu salmon jacks, prepared some figures, discussed results of the study, and edited the draft of manuscript.

Список литературы

Барабанщиков Е.И. Изменения продолжительности нерестового хода тихоокеанских лососей в реках на севере Приморского края // Бюл. № 17 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО, 2023. — С. 110–114. DOI: 10.26428/losos_bull17-2023-110-114. EDN: SZZPPI.

Иванков В.Н., Падецкий С.Н., Флоряк В.С. и др. Неотенические самки симы *Oncorhynchus masu* (Brevoort) из реки Кривая (Южное Приморье) // Вопр. ихтиол. — 1981. — Т. 21, № 5. — С. 938–942. EDN: AXJZP.

Колпаков Е.В., Мирошник В.В., Клишкин А.Ф. Биология и численность анадромной симы *Oncorhynchus masou* реки Серебрянка (Тернейский район, Приморский край) // Бюл. № 3 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». — Владивосток : ТИНРО-центр, 2008. — С. 135–139.

Марченко С.Л. Жизненные стратегии тихоокеанских лососей. Сообщение 1. Разнообразие жизненных форм // Изв. ТИНРО. — 2023. — Т. 203, вып. 4. — С. 770–786. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-770-786. EDN: NQROVE.

Парпура И.З., Бокуть А.И. Об аномальном скате молоди лососевых в центральном Приморье // Современное состояние исследований лососевидных рыб : тез. докл. 3-го Всесоюз. совещ. по лососевидным рыбам. — Тольятти : ИЭВБ АН СССР, 1988. — С. 244–246.

Парпура И.З., Семенченко А.Ю. Фауна и биология рыб рек северного Приморья // Систематика и экология речных организмов. — Владивосток : ДВО АН СССР, 1989. — С. 120–137.

Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. — М. : Пищ. пром-сть, 1966. — 376 с.

Семенченко А.Ю. Новый элемент биологической структуры южноприморской симы *Oncorhynchus masu* (Brevoort) // Биологические исследования лососевых. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1985. — С. 36–43.

Семенченко А.Ю. Приморская сима (*Oncorhynchus masou* (Brevoort)) в речной период жизни // Бюл. № 1 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». — Владивосток : ТИНРО-центр, 2006. — С. 115–124.

Семенченко А.Ю. Приморская сима : моногр. — Владивосток : ДВО АН СССР, 1989. — 192 с.

Семенченко А.Ю., Крупянко Н.И., Гавренков Ю.И. Экологические формы самцов симы *Oncorhynchus masou* из бассейнов рек Приморья // Вопр. ихтиол. — 2003. — Т. 43, вып. 4. — С. 483–489. EDN: ONUAZH.

Цыгир В.В. Возраст симы *Oncorhynchus masou* // Вопр. ихтиол. — 1988. — Т. 28, вып. 2. — С. 248–258.

Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2011. — Т. 2. — 473 с.

Beamish R.J., Weitkamp L.A., Shaul L.D., Radchenko V.I. Ocean Life History of Coho Salmon // The Ocean Ecology of Pacific Salmon and Trout. — Bethesda, Maryland : American Fisheries Society, 2018. — P. 391–533.

- Clutter R.I., Whitesel L.E.** Collection and interpretation of sockeye salmon scales : Int. Pacif. Salmon Fish. Comm. — 1956. — Vol. 9. — 159 p.
- Machidori S., Kato F.** Spawning populations and marine life of masu salmon (*Oncorhynchus masou*) : Int. North Pac. Fish. Comm. Bull. — 1984. — Vol. 43. — 138 p.
- MacLellan S.E.** Guide for sampling structures used in age determination of Pacific salmon. — British Columbia, Nanaimo : Pacific Biological Station, 1987. — 27 p.
- MacLellan S.E.** Guide for sampling structures used in age determination of Pacific salmon. — British Columbia, Nanaimo : Pacific Biological Station, 2004. — 31 p.
- Morita K.** General biology of masu salmon // The Ocean Ecology of Pacific Salmon and Trout. — Bethesda, Maryland : American Fisheries Society, 2018. — P. 703–730.
- Ohkuma K.** Differences in scale characteristics taken from various parts of masu salmon, *Oncorhynchus masou* (Brevoort) and its scale development // Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery. — 1991. — № 45. — P. 35–46 (in Jap.).
- Sandercock F.K.** Life history of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) // Pacific Salmon Life Histories / eds C. Groot and L. Margolis. — Vancouver : UBC press, 1991. — P. 395–446.
- Shimoda K.** Effects of growth and sire type on the divergence of jack in masu salmon // Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery. — 2001. — № 55. — P. 13–17 (in Jap.).
- Tsiger V.V., Skirin V.I., Krupyanko N.I. et al.** Life history forms of male masu salmon (*Oncorhynchus masou*) in South Primor'e, Russia // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 1994. — Vol. 51, № 1. — P. 197–208. DOI: 10.1139/f94-022. EDN: XONINI.

References

- Barabanschikov, E.I.**, Changes in length of period of the spawning run for pacific salmon in the rivers in the north of Primorsky Territory, in *Byull. N 17 izucheniya tikhookeanskikh lososei na Dal'nem Vostoke* (Bull. No. 17 Study of Pacific Salmon in the Far East), Vladivostok: TINRO, 2023, pp. 110–114. doi 10.26428/losos_bull17-2023-110-114. EDN: SZZPPI
- Ivankov, V.N., Padetsky, S.N., Floryak, V.S., Churikova, N.I., and Gavrenkov, Yu.I.**, Ne-otenic females of the masu salmon *Oncorhynchus masu* (Brevoort) from the Krivaya River (South Primor'e), *Vopr. Ikhtiol.*, 1981, vol. 21, no. 5, pp. 938–942. EDN: AXJJZP
- Kolpakov, E.V., Miroshnik, V.V., and Klimkin, A.F.**, Biology and distribution of the anadro-mous masu salmon *Oncorhynchus masou* of the Serebryanka River (Terneisky District, Primorsky Krai), *Byull. no. 3 realizatsii "Kontseptsii dal'nevostochnoi basseinovoï programmy izucheniya tik-hookeanskikh lososei"* (Bull. No. 3 Implementation "Concept of the Far Eastern Basin Program for the Study of Pacific Salmon"), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2008, pp. 135–139.
- Marchenko, S.L.**, Life strategies of pacific salmon. Communication 1. Diversity of life forms, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2023, vol. 203, no. 4, pp. 770–786. doi 10.26428/1606-9919-2023-203-770-786. EDN: NQROVE
- Parpura, I.Z. and Bokut, A.I.**, On the anomalous migration of juvenile salmon in central Primorye, *Tezisy dokl. 3-go Vsesoyuz. soveshch. po lososevidnym rybam "Sovremennoe sostoyanie issledovaniy lososevidnykh ryb"* (Proc. 3rd All-Sov. Meet. Salmonids "The Current State of Salmonid Research"), Tolyatti: Inst. Ekol. Volzhskogo Basseina Akad. Nauk SSSR, 1988, pp. 244–246.
- Parpura, I.Z. and Semenenko, A.Yu.**, Fauna and biology of fish in the rivers of northern Primorye, in *Sistematika i ekologiya rechnykh organizmov* (Systematics and ecology of river organ-isms), Vladivostok: Dal'nevost. Otd., Akad. Nauk. SSSR, 1989, pp. 120–137.
- Pravdin, I.F.**, *Rukovodstvo po izucheniyu ryb* (Guide to the Study of Fish), Moscow: Pishchevaya Promyshlennost', 1966.
- Semenchenko, A.Yu.**, A new element of the biological structure of the South Primorye masu salmon *Oncorhynchus masu* (Brevoort), in *Biologicheskie issledovaniya lososevykh* (Biological Stud-ies of Salmonids), Vladivostok: Dal'nevost. Nauchn. Tsentr, Akad. Nauk SSSR, 1985, pp. 36–43.
- Semenchenko, A.Yu.**, Primorsky masu salmon (*Oncorhynchus masou* (Brevoort)) in the river period of life, in *Byull. N 1 realizatsii "Kontseptsii dal'nevostochnoi basseinovoï programmy izucheniya tikhookeanskikh lososei"* (Bull. No. 1 Implementation "Concept of the Far Eastern Basin Program for the Study of Pacific Salmon"), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2006, pp. 115–124.
- Semenchenko, A.Yu.**, *Primorskaya sima* (Masu Salmon of Primorsky Krai), Vladivostok: Dal'nevost. Otd. Akad. Nauk SSSR, 1989.
- Semenchenko, A.Yu., Krupyanko, N.I., and Gavrenkov, Yu.I.**, Ecological forms of males of the masu salmon *Oncorhynchus masou* from river basins of Primor'e, *J. Ichthyol.*, 2003, vol. 43, no. 4, pp. 483–487.

- Tsygir, V.V.**, Age-related masu salmon *Oncorhynchus masou*, *Vopr. Ikhtiol.*, 1988, vol. 28, no. 2, pp. 248–258.
- Shuntov, V.P. and Temnykh, O.S.**, *Tikhoookeanskije lososi v morskikh i okeanicheskikh ekosistemakh* (Pacific Salmon in Marine and Ocean Ecosystems), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2011, vol. 2.
- Beamish, R.J., Weitkamp, L.A., Shaul, L.D., and Radchenko, V.I.**, Ocean Life History of Coho Salmon, in *The Ocean Ecology of Pacific Salmon and Trout*, Bethesda, Maryland: American Fisheries Society, 2018, pp. 391–533.
- Clutter, R.I. and Whitesel, L.E.**, Collection and interpretation of sockeye salmon scales, *Int. Pac. Salmon Fish. Comm.*, 1956, vol. 9.
- Machidori, S. and Kato, F.**, Spawning populations and marine life of masu salmon (*Oncorhynchus masou*), *Int. North Pac. Fish. Comm. Bull.*, 1984, vol. 43.
- MacLellan, S.E.**, *Guide for sampling structures used in age determination of Pacific salmon*, British Columbia, Nanaimo: Pacific Biological Station, 1987.
- MacLellan, S.E.**, *Guide for sampling structures used in age determination of Pacific salmon*, British Columbia, Nanaimo: Pacific Biological Station, 2004.
- Morita, K.**, General biology of masu salmon, in *The Ocean Ecology of Pacific Salmon and Trout*, Bethesda, Maryland: American Fisheries Society, 2018, pp. 703–730.
- Ohkuma, K.**, Differences in scale characteristics taken from various parts of masu salmon, *Oncorhynchus masou* (Brevoort) and its scale development, *Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery*, 1991, no. 45, pp. 35–46.
- Sandercock, F.K.**, Life history of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*), *Pacific Salmon Life Histories*, Groot, C. and Margolis, L., Eds., Vancouver: UBC Press, 1991, pp. 395–446.
- Shimoda, K.**, Effects of growth and sire type on the divergence of jack in masu salmon, *Sci. Rep. Hokkaido Fish Hatchery*, 2001, no. 55, pp. 13–17.
- Tsiger, V.V., Skirin, V.I., Krupyanko, N.I., Kashkin, K.A., and Semenchenko, A.Yu.**, Life history forms of male masu salmon (*Oncorhynchus masou*) in South Primor’e, Russia, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1994, vol. 51, № 1, pp. 197–208. doi 10.1139/f94-022. EDN: XONINI
- Semenchenko, A.Yu.**, *Otchet o NIR “Data on the abundance and population structure of chum salmon and masu salmon from the rivers of southern Primorye”* (Res. Rep. “Data on the abundance and population structure of chum salmon and masu salmon from the rivers of southern Primorye”), Available from TINRO, Vladivostok, 1988, no. 20586.
- Semenchenko, A.Yu.**, *Otchet o NIR “Materialy o chislennosti i sostave populyatsiy kety i simy iz rek yuzhnogo Primor’ya”* (Res. Rep. “Materials on the number and composition of chum salmon and masu salmon populations from the rivers of southern Primorye”), Available from TINRO, Vladivostok, 1989, no. 20836.

Поступила в редакцию 18.02.2026 г.

После доработки 2.03.2026 г.

Принята к публикации 6.03.2026 г.

*The article was submitted 18.02.2026; approved after reviewing 2.03.2026;
accepted for publication 6.03.2026*

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

Научная статья

УДК [551.464.38+551.464.618+574.55](265.54)**DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-161-171****EDN: PKKTNA****МЕЖГОДОВАЯ ДИНАМИКА ОБЩЕГО РАСТВОРЕННОГО ФОСФОРА
В ЗОНЕ ОБИТАНИЯ ПРИБРЕЖНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ
(ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО ЯПОНСКОГО МОРЯ)****Е.В. Левченко¹, Е.В. Журавель^{2*}**¹ Национальный научный центр морской биологии
им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,

690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17;

² Дальневосточный федеральный университет,
690922, Владивосток, о. Русский, пос. Аякс, 10

Аннотация. Проведен анализ межгодовой динамики общего растворенного фосфора в зоне обитания морских прибрежных растительных сообществ на акваториях зал. Петра Великого (Японское/Восточное море) летом 2017–2024 гг. Использованы гидрохимические и статистические методы. Установлено, что межгодовая динамика общего растворенного фосфора в исследованных акваториях Амурского залива имеет нелинейный характер: каждый четвертый летний период содержание общего растворенного фосфора увеличивалось в среднем в 3 раза по сравнению с минимальным уровнем 0,030 мг/л (1,0 мкМ), постоянным на протяжении трех предыдущих лет. Содержание общего растворенного фосфора в Уссурийском заливе и в прол. Старка на протяжении всего периода исследований имело близкие средние значения (приблизительно в 3 раза ниже, чем в Амурском заливе), и в прол. Старка находилось на одном уровне, а в Уссурийском заливе имело слабовыраженную тенденцию к уменьшению. Периодическое увеличение содержания общего растворенного фосфора в прибрежных акваториях Амурского залива может проявляться в росте первичной и вторичной продукции в прибрежных экосистемах залива.

Ключевые слова: содержание растворенного фосфора, межгодовая динамика, морские прибрежные воды, прибрежные экосистемы, залив Петра Великого

Для цитирования: Левченко Е.В., Журавель Е.В. Межгодовая динамика общего растворенного фосфора в зоне обитания прибрежных растительных сообществ (залив Петра Великого Японского моря) // Изв. ТИНРО. — 2026. — Т. 206, вып. 1. — С. 161–171. DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-161-171. EDN: PKKTNA.

* Левченко Елена Владимировна, кандидат биологических наук, научный сотрудник, leovit@mail.ru, ORCID 0009-0000-5615-7021; Журавель Елена Владимировна, кандидат биологических наук, доцент, zhuravel.ev@dvfu.ru, ORCID 0009-0000-9395-330X.

© Левченко Е.В., Журавель Е.В., 2026

Interannual dynamics of total dissolved phosphorus in habitats of coastal plant communities (Peter the Great Bay, Japan Sea)

Elena V. Levchenko*, Elena V. Zhuravel**

* National Scientific Center of Marine Biology, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, 17, Palchevsky Str., Vladivostok, 690041, Russia

** Far Eastern Federal University, 10, Ajax Bay, Vladivostok, 690922, Russia

* Ph.D., researcher, leovit@mail.ru, ORCID 0009-0000-5615-7021

** Ph.D., assistant professor, zhuravel.ev@dvfu.ru, ORCID 0009-0000-9395-330X

Abstract. Interannual dynamics of total dissolved phosphorus (DTP) in habitats of marine coastal plant communities of Peter the Great Bay (Japan Sea) in the summer seasons of 2017–2024 were analyzed using hydrochemical and statistical methods. The pattern of DTP variations in Amur Bay was found to be nonlinear: DTP increased, on average, 3-fold in each 4th summer season compared to the minimum level of 0.03 mg/L (1.0 µM) that had been observed unchanged for the previous three years. The DTP contents in Ussuri Bay and in the Stark Strait had similar average values (approximately 3-fold lower than in Amur Bay) throughout the study period. In the Stark Strait, the DTP content remained at the same level, while in Ussuri Bay, it showed a slight tendency to decrease. Periodic rises in DTP content in the coastal waters of Amur Bay can be manifested as increases in primary and secondary production in the coastal ecosystems of the bay.

Keywords: dissolved phosphorus content, interannual dynamics, coastal marine waters, coastal ecosystems, Peter the Great Bay

For citation: Levchenko E.V., Zhuravel E.V. Interannual dynamics of total dissolved phosphorus in habitats of coastal plant communities (Peter the Great Bay, Japan Sea), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2026, vol. 206, no. 1, pp. 161–171. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-161-171. EDN: PKKTNA.

Введение

Фосфор является важным питательным веществом для всех форм жизни. Это «ключевой игрок» и в фундаментальных биохимических реакциях с участием АТФ и НАДФ, составляющих суть энергетического обмена, и в структурной поддержке организмов фосфолипидами мембран и биоминеральным гидроксиапатитом костей. В морских прибрежных экосистемах изменение содержания растворенного фосфора в первую очередь влияет на функционирование сообществ первичных продуцентов — автотрофных организмов бентоса, перифитона и планктона. Влияние может проявляться как изменением эффективности работы фотосинтетического аппарата каждой отдельной автотрофной клетки, так и увеличением или уменьшением численности и биомассы в популяциях автотрофов [Богоров, 1967; Кабанова, 1967; Raymont, 1980; Смирнова и др., 1999].

Об обеспеченности первичных продуцентов питательными солями судят по гидрохимическим данным, которые используют также для оценки продуктивности морских акваторий и расчета первичной продукции [Сапожников, 2014; Аржанова, 2017]. Для мелководной части зал. Петра Великого комплексный гидрохимический анализ был проведен 50 лет назад (1975–1978 гг.). Исследования носили прикладной характер, в частности в интересах развития марикультуры. По данным одноразовых съемок в прибрежных акваториях зал. Петра Великого от мыса Гамова до п-ова Песчаного в летний период в отсутствие речного паводка было отмечено невысокое содержание фосфатов и общего растворенного фосфора. Средняя концентрация общего растворенного фосфора составила 0,034 мг/л [Подорванова и др., 1989]. Позднее были представлены данные гидрохимических параметров Амурского залива во время высокого паводка р. Раздольной в середине летнего периода 2005 г. [Звалинский и др., 2008]. За исключением приустьевой зоны на всей акватории залива как на поверхностном (глубина 0,5–2,0 м), так и на придонном горизонте (1,0–1,5 м от дна) были определены низкие (близкие к аналитическому нулю) концентрации растворенных фосфатов.

Результаты приведенных выше кратковременных или одноразовых съемок не позволяют выявить межгодовые изменения содержания растворенных форм биогенных элементов в различных прибрежных акваториях зал. Петра Великого и выполнить моделирование зависимости динамики численности сообществ первичных продуцентов от динамики содержания биогенных элементов как одного из факторов среды. Поэтому была поставлена задача проведения многолетнего гидрохимического анализа в различных прибрежных акваториях зал. Петра Великого (вместе с исследованием динамики численности сообществ автотрофных организмов).

Цель настоящего исследования — описание межгодовой динамики содержания общего растворенного фосфора летом в зоне обитания морских прибрежных растительных сообществ в разных акваториях зал. Петра Великого (Японское/Восточное море).

Материалы и методы

Исследования выполняли в 10 прибрежных акваториях зал. Петра Великого. Уссурийский залив (УЗ): бухты Патрокл ($43^{\circ}04'23''$ с.ш. $131^{\circ}57'36''$ в.д.), Соболев ($43^{\circ}04'33''$ с.ш. $131^{\circ}57'46''$ в.д.), Тихая ($43^{\circ}05'12''$ с.ш. $131^{\circ}58'23''$ в.д.), Стеклянная ($43^{\circ}08'41''$ с.ш. $132^{\circ}03'24''$ в.д.) и безымянная бухта около свалки Горностаев ($43^{\circ}08'21''$ с.ш. $132^{\circ}03'01''$ в.д.). Амурский залив (АЗ): бухта около мыса Красного ($43^{\circ}11'59''$ с.ш. $131^{\circ}55'10''$ в.д.), бухта между мысами Грозный и Фирсова ($43^{\circ}10'50''$ с.ш. $131^{\circ}54'24''$ в.д.), бухта Кирпичного Завода ($43^{\circ}08'45''$ с.ш. $131^{\circ}54'03''$ в.д.) и мелководный зал. Угловой ($43^{\circ}17'17''$ с.ш. $132^{\circ}00'30''$ в.д.). Исследования также проводили в прол. Старка между Амурским и Уссурийским заливами со стороны о. Попова ($42^{\circ}58'03''$ с.ш. $131^{\circ}45'00''$ в.д.) (рис. 1).



Рис. 1. Карта района исследований: 1 — прол. Старка; 2 — бухта Патрокл; 3 — бухта Соболев; 4 — бухта Тихая; 5 — безымянная бухта около свалки Горностаев; 6 — бухта Стеклянная; 7 — бухта около мыса Красного; 8 — бухта между мысами Грозный и Фирсова; 9 — бухта Кирпичного Завода; 10 — зал. Угловой

Fig. 1. Map of study area: 1 — Stark Strait; 2 — Patrokl Cove; 3 — Sobol Cove; 4 — Tikhaya Cove; 5 — an unnamed cove near the Gornostai solid waste landfill; 6 — Steklyannaya Cove; 7 — a cove near Cape Krasny; 8 — a cove between Cape Grozny and Cape Firsov; 9 — Kirpichny Zavod Cove; 10 — Uglovoi Bay

Пробы морской воды в горизонте произрастания макрофитов (глубина 1,5–3,0 м) отбирали в июне-июле 2017–2024 гг. при температуре воды на указанных станциях 20 °С и отсутствии осадков не менее 5 дней. Соленость морской воды в прол. Старка всегда имела значение 33 ‰. В Уссурийском заливе в бухте Патрокл в 2018 и в 2020 гг. соленость составляла 30 ‰, на всех остальных акваториях этого залива всегда была в пределах 32–34 ‰. В Амурском заливе значения солености колебались в пределах 27–33 ‰. Соленость измеряли с помощью рефрактометра WZ–201 (RHS-10) (Kelilong Instruments, КНР). Диапазон измерения концентрации соли 0–100 ‰, с разрешением 1 ‰ и точностью ± 1 ‰. Температуру измеряли с помощью термометра TESTO 720 с погружным зондом F–SW (Testo SE & Co. KGaA., ФРГ). Диапазон измерения от –30 до +100 °С, с разрешением 0,1 °С и точностью $\pm 0,2$ °С.

Пробы воды (2 л) фильтровали с использованием вакуумного насоса через мембранные фильтры (0,45 мкм). Для определения общего растворенного фосфора ($OP_{\text{раст}}$) предварительно проводили минерализацию органических форм фосфора при нагревании проб воды с добавлением персульфата калия, а затем определяли концентрацию $OP_{\text{раст}}$ спектрофотометрическим методом Морфи-Райли по синему гетерополифосфорно-молибденовому комплексу [Murphy and Riley, 1962; Методы..., 1988; Руководство..., 2003] с использованием спектрофотометра УФ–1100 Ecoview производства Shanghai Mapada Instruments Co. (КНР). Оптическая плотность при фотометрировании 882 нм. Для построения калибровочных графиков использовали государственный стандартный образец состава водных растворов фосфат-ионов ГСО 7018–93 (ЦСОВВ, Россия).

При статистической обработке данных использовали стандартные процедуры пакета прикладных программ Statistica 13.3 (ID ANS8121585721A134–7). Для сравнения средних значений содержания $OP_{\text{раст}}$ между исследованными прибрежными акваториями выполнили вычисления t -критерия Стьюдента для средних с неравными дисперсиями [Pollard, 1979], за ноль-гипотезу (H_0) было принято предположение об отсутствии различий. При описании межгодовой динамики содержания общего растворенного фосфора использовали метод регрессионного анализа. Метод регрессионного анализа подразумевает выбор модели, которая описывает в динамике полученные экспериментальные данные с наименьшей остаточной дисперсией и наименьшими ошибками оцениваемых коэффициентов (параметров) регрессии. За ноль-гипотезы были приняты предположения об отсутствии линейной и нелинейной связи между временным рядом и содержанием $OP_{\text{раст}}$. Стартовые значения коэффициентов подбирали с учетом разброса значений экспериментальных данных и предполагаемого характера зависимости. Оценку параметров моделей и проверку их значимости (ANOVA) выполнили с помощью модуля «Углубленные линейные/Нелинейные модели» (Advanced Linear/Nonlinear Models).

Результаты и их обсуждение

Средние уровни и межгодовая динамика содержания общего растворенного фосфора в горизонте произрастания макрофитов летом 2017–2024 гг. в Амурском и Уссурийском заливах и в прол. Старка имели существенные различия (табл. 1, 2, рис. 2).

Сравнение средних уровней содержания $OP_{\text{раст}}$. Средние значения содержания $OP_{\text{раст}}$ имели незначимые различия между УЗ и прол. Старка ($t_{\text{расч}} = 0,0203$, $t_{\text{табл}} = 3,6$ при $p = 0,001$) и достоверные различия между АЗ с одной стороны и прол. Старка и УЗ — с другой ($t_{\text{расч}} = 6,066$ и $t_{\text{расч}} = 5,475$, $t_{\text{табл}} = 3,6$ при $p = 0,001$). Нулевая гипотеза об отсутствии различий в первом случае принимается, а во втором отклоняется с минимальным риском ошибки. Таким образом, среднее содержание $OP_{\text{раст}}$ в исследованных акваториях УЗ и в прол. Старка находилось на одном уровне, а в АЗ достоверно отличалось: в АЗ было приблизительно в 3 раза выше, чем в УЗ, и в 3,6 раза выше, чем в прол. Старка.

Регрессионный и дисперсионный анализ межгодовой динамики содержания $OP_{\text{раст}}$. При аппроксимации линейной функцией коэффициенты детерминации (R^2) во

Таблица 1

Содержание общего растворенного фосфора в зоне обитания прибрежных растительных сообществ (зал. Петра Великого Японского моря) по акваториям, мг/л

Table 1

Total dissolved phosphorus contents in habitats of coastal plant communities (Peter the Great Bay, Japan Sea) in different water areas, mg/L

Год отбора проб	Акватория, № станции									
	Прол. Старка	Уссурийский залив					Амурский залив			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
2017	—	0,026	0,033	0,027	—	0,012	—	0,053	0,013	—
2018	0,020	0,019	0,014	0,012	0,023	0,016	0,031	0,036	0,026	0,045
2019	0,014	0,022	0,014	0,036	0,056	0,019	0,085	0,094	0,153	0,057
2020	0,014	0,015	0,018	0,021	0,023	0,015	0,043	0,019	0,041	0,048
2021	0,009	0,016	0,013	0,018	0,009	0,011	0,057	0,028	0,041	0,032
2022	0,012	0,011	0,021	0,036	0,015	0,014	0,010	0,042	0,034	—
2023	0,012	0,001	0,004	0,005	0,003	0,006	0,099	0,091	0,029	0,080
2024	0,018	0,014	0,020	0,016	0,014	0,011	0,016	0,034	0,070	0,026

Примечание. Номера станций, как на рис. 1.

Таблица 2

Описательные статистические характеристики анализа данных по содержанию общего растворенного фосфора, мг/л

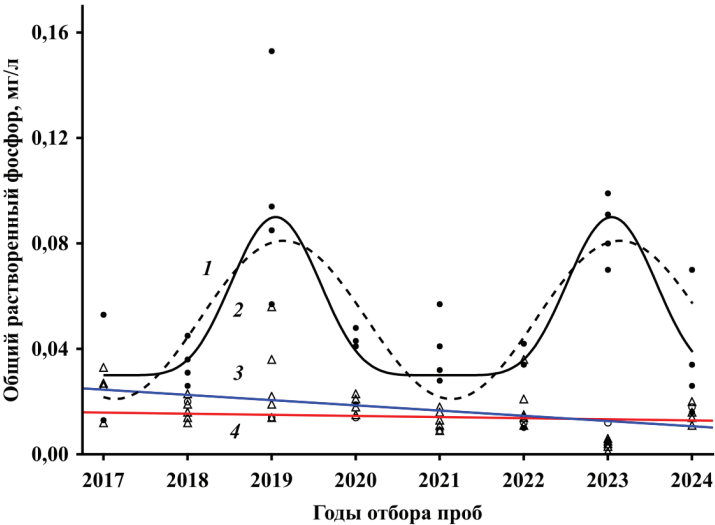
Table 2

Descriptive statistical characteristics for the data on total dissolved phosphorus content, mg/L

Акватория	Кол-во наблюдений (2017–2024 гг.)	Среднее значение содержания ОР _{раст}	Минимальное значение содержания ОР _{раст}	Максимальное значение содержания ОР _{раст}	Стандартное отклонение	Стандартная ошибка
Амурский залив	29	0,051	0,010	0,153	0,032	0,006
Уссурийский залив	39	0,017	0,001	0,056	0,010	0,002
Прол. Старка	7	0,014	0,009	0,020	0,004	0,001

Рис. 2. Межгодовая динамика общего растворенного фосфора в исследованных прибрежных акваториях зал. Петра Великого в 2017–2024 гг.: 1, 2 — модели для Амурского залива (черные кружки); 3 — линейный тренд для Уссурийского залива (треугольники); 4 — постоянный уровень в прол. Старка (белые кружки)

Fig. 2. Interannual dynamics of total dissolved phosphorus in the coastal waters of Peter the Great Bay in 2017–2024: 1, 2 — two models for Amur Bay (black circles); 3 — linear trend for Ussuri Bay (triangles); 4 — constant level for the Stark Strait (white circles)



всех случаях меньше 20 %: для АЗ — 0,0008 %, для прол. Старка — 6 %, для УЗ — 19 %. Коэффициенты уравнения незначимы для АЗ и прол. Старка (вероятность ошибки соответственно 0,9 и 0,6) и значимы для УЗ (вероятность ошибки 0,005). Следовательно, линейная функция незначима для АЗ и прол. Старка. Содержание $OP_{\text{раст}}$ в прол. Старка находится на среднем уровне 0,014 мг/л (рис. 2, модель 4). Для описания межгодовой динамики содержания $OP_{\text{раст}}$ в АЗ требуется нелинейная модель.

Мы определили, что изменения исследуемых данных по Амурскому заливу могут быть представлены в виде периодической функции (рис. 2, функция 1). В общем явном виде это функция косинуса со сдвигом в положительную область определяемой величины Y :

$$Y = a \left(\cos \left(2\pi \left(\frac{X-b}{c} \right) \right) + 1 \right) + d,$$

где Y — содержание $OP_{\text{раст}}$; X — годы отбора проб; a — амплитуда отклонения определяемой величины от ее среднего значения; b — временной сдвиг (фаза); c — период исследуемой функции косинуса; d — минимальное или максимальное значение определяемой величины после вертикального сдвига функции косинуса в положительную область.

Модельное уравнение выглядит следующим образом:

$$Y = 0,030 \left(\cos \left(2\pi \left(\frac{X-2019,141}{4} \right) \right) + 1 \right) + 0,021. \tag{1}$$

Коэффициент детерминации 44,2 % и вероятность ошибки расчетных параметров уравнения $p < 0,03$. Получен статистически значимый результат, но уровень значимости не самый высокий. Полученную периодическую функцию модифицировали, чтобы обеспечить большее приближение модельного тренда к исходным (оригинальным) данным (рис. 2, функция 2 и табл. 3):

$$Y = \frac{0,030(\cos(2\pi(\frac{X-2019,049}{3,997})+1))^3}{4} + 0,030. \tag{2}$$

Коэффициент детерминации 62,7 % и вероятность ошибки расчетных параметров $p < 0,000$ (очень высокий уровень значимости). Коэффициенты модели характеризуются небольшими стандартными ошибками, не меняющими знаки коэффициентов на противоположные. Рассчитанное значение F -критерия (табл. 3) больше критического ($F = 23,508$, $F_{3,25} = 2,99$ при $p = 0,05$), что указывает на значимость параметров модели. Нулевая гипотеза об отсутствии нелинейной связи отклоняется.

Таблица 3

Оценка и проверка значимости коэффициентов модели (2) о содержании $OP_{\text{раст}}$ в Амурском заливе

Table 3

Statistical significance for coefficients of model (2) and testing the model on the data on total dissolved phosphorus in Amur Bay

Коэффициент	Расчетное значение	Стандартная ошибка	Вероятность ошибки p-value	95 %-ные доверительные границы	
				Нижняя	Верхняя
a	0,030	0,005	0,000	0,030	0,005
b	2019,049	0,203	0,000	2019,049	0,203
c	3,997	0,273	0,000	3,997	0,273
d	0,030	0,006	0,000	0,030	0,006
Результаты дисперсионного анализа модели					
Источник вариации	Сумма квадратов отклонений	Число степеней свободы	Средний квадрат отклонений	Критериальная статистика F	Сила влияния R ²
Общая	0,028058	28	—	—	1,000
Модель	0,017587	3	1,031009	23,508	0,627
Остаток	0,010471	25	0,000004	—	0,373

Таким образом, представленная модифицированная периодическая функция наиболее правдоподобно и достоверно описывает межгодовую динамику содержания $OP_{\text{раст}}$ в АЗ летом в 2017–2024 гг. с очень высоким уровнем значимости параметров уравнения и хорошим коэффициентом детерминации. Период функции — 4 года, т.е. изменения в содержании общего растворенного фосфора, увеличение в среднем в 3 раза, в исследованных акваториях Амурского залива в указанный временной промежуток происходили раз в четыре года по сравнению с минимальным уровнем 0,030 мг/л (1,0 мкМ), который оставался постоянным в течение последующих трех лет.

Межгодовая динамика содержания $OP_{\text{раст}}$ в УЗ может быть описана линейной функцией

$$Y = 4,0234 - 0,002 \cdot X \quad (3)$$

(рис. 2, модель 3), коэффициенты которой значимы на высоком уровне ($p < 0,005$), имеющей небольшой угол наклона и коэффициент детерминации 19 %. Это слабо выраженный убывающий временной тренд. Нулевая гипотеза об отсутствии линейной связи отклоняется.

Среднее значение содержания $OP_{\text{раст}}$ по всем исследованным прибрежным акваториям АЗ, УЗ и прол. Старка составляет 0,027 мг/л (см. табл. 2). Исследования, выполненные ранее, в 1978 г. [Подорванова и др., 1989], показали сходные летние среднемесячные концентрации $OP_{\text{раст}}$: 0,034 мг/л в прибрежных акваториях западной части зал. Петра Великого от мыса Гамова до п-ова Песчаного. Это сходство данных через 45 лет важно для понимания стабильности существования среднего уровня $OP_{\text{раст}}$ около 0,030 мг/л (1,0 мкМ) в прибрежных акваториях зал. Петра Великого в летний период.

Средний уровень $OP_{\text{раст}}$ в океане составляет 0,074 мг/л (2,4 мкМ) [Иваненков, 1979] при достаточно широком диапазоне величин содержания в разных акваториях. Например, в водах Южного океана южнее антарктической конвергенции на поверхности содержание может быть в пределах 0,047–0,068 мг/л (1,5–2,1 мкМ) и меньше 0,016 мг/л (0,5 мкМ) немного севернее субтропической конвергенции [Семина и др., 1982; Артамонова и др., 2021]. В открытой части Мексиканского залива в поверхностных водах содержание общего растворенного фосфора очень низкое — меньше 0,005 мг/л (0,16 мкМ) [Зернова, 1982]. Очень высокий уровень содержания растворенного фосфора — 17–89 мг/л (548–2871 мкМ) — может быть в поверхностных водах 200-мильной зоны, прилегающей к берегам Перу и Эквадора и 100-мильной зоны вдоль побережья Чили (приблизительно между 5–20° ю.ш. и 79–85° з.д.) [Ведерников, Стародубцев, 1971; Kämpf, Chapman, 2016]. Следует отметить, что существуют оценки оптимальных концентраций биогенных элементов для природных популяций фитопланктона, основанные на данных из высокопродуктивных районов апвеллинга. Концентрация фосфора около 0,09 мг/л (2,9 мкМ) при соответствующей концентрации азота 0,42–0,56 мг/л (30–40 мкМ), по-видимому, является для естественных природных популяций оптимальной, а первичная продукция близка к природному максимуму [Ведерников, Стародубцев, 1971; Calvert, Price, 1971; Максимова, 1977]. Средний уровень содержания $OP_{\text{раст}}$ в прибрежных акваториях Амурского залива, Уссурийского залива и прол. Старка летом в 2017–2024 гг. (табл. 2) ниже среднего уровня в океане и оптимального уровня $OP_{\text{раст}}$. Поэтому все исследованные прибрежные акватории зал. Петра Великого являлись в разной степени фосфордефицитными экосистемами. Исключение — каждый четвертый летний период в Амурском заливе, когда содержание $OP_{\text{раст}}$ увеличивалось в среднем до 0,09 мг/л (2,9 мкМ).

Таким образом, межгодовая динамика изменения содержания общего растворенного фосфора, исследованная летом 2017–2024 гг. в зоне обитания морских прибрежных растительных сообществ вдоль восточного побережья Амурского залива, наиболее достоверно может быть описана в виде модифицированной периодической функции с периодом 4 года. Содержание $OP_{\text{раст}}$ увеличивалось в среднем в 3 раза по сравнению с минимальным уровнем 0,030 мг/л (1,0 мкМ), который оставался посто-

янным в течение предыдущих трех лет. Межгодовая динамика содержания общего растворенного фосфора в этот же период наблюдений в прибрежных акваториях вдоль западного побережья Уссурийского залива может быть описана как линейный слабовыраженный убывающий временной тренд при среднем уровне 0,017 мг/л (0,55 мкМ), а в прол. Старка со стороны о. Попова содержание $OP_{\text{раст}}$ оставалось постоянным на среднем уровне 0,014 мг/л (0,45 мкМ). Среднее значение содержания $OP_{\text{раст}}$ по всем исследованным прибрежным акваториям в АЗ, УЗ и в прол. Старка (приблизительно 0,030 мг/л) близко с полученным ранее средним значением 0,034 мг/л для прибрежных акваторий западной части зал. Петра Великого от мыса Гамова до п-ова Песчаного [Подорванова и др., 1989]. Одновременно с этим средние уровни $OP_{\text{раст}}$ в прибрежных акваториях зал. Петра Великого, которые были исследованы нами и нашими коллегами ранее, ниже среднего уровня $OP_{\text{раст}}$ в океане и ниже концентрации, которая может считаться оптимальной для естественных природных условий. Это свидетельствует о возможной лимитирующей роли фосфора как биогенного элемента в производстве первичной продукции на прибрежных акваториях зал. Петра Великого в целом.

Заключение

Межгодовая динамика содержания общего растворенного фосфора, исследованная в летний период 2017–2024 гг. в зоне обитания морских прибрежных растительных сообществ в акваториях зал. Петра Великого Японского моря, имела существенные различия. Для акваторий вдоль восточного побережья Амурского залива выявлены два выраженных всплеска концентрации с интервалом в 4 года, и изменения наиболее достоверно могут быть описаны в виде модифицированной периодической функции. Содержание $OP_{\text{раст}}$ в Уссурийском заливе имело слабовыраженную тенденцию к уменьшению, а в прол. Старка находилось на одном уровне.

Ценность проведенного исследования заключается в понимании доступности фосфора как важнейшего биогенного элемента для первичных продуцентов на прибрежных акваториях зал. Петра Великого. Обнаруженный низкий средний уровень $OP_{\text{раст}}$ позволяет предположить, что экосистемы исследованных прибрежных акваторий в летний период испытывают недостаток в содержании данного биогенного элемента, а выявленные периодические увеличения содержания $OP_{\text{раст}}$ могут влиять на рост продукции в прибрежных экосистемах Амурского залива. Полученные результаты будут использованы в дальнейшем при моделировании зависимостей изменения численности и биомассы в сообществах первичных продуцентов от динамики содержания общего растворенного фосфора.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают благодарность и признательность консультанту, соавтору идеи исследования, заслуженному деятелю науки Российской Федерации доктору биологических наук [Н.К. Христофоровой].

The authors are deeply grateful to [N.K. Khristoforova](FEFU) for the fruitful idea for this study and advice.

Финансирование работы (FUNDING)

Работа выполнена в рамках бюджетного финансирования.

The study had 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 that they have no conflict of interests.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

Е.В. Левченко — планирование работ, сбор и обработка проб, получение и анализ результатов, написание статьи; Е.В. Журавель — обработка проб, получение результатов, обсуждение.

E.V. Levchenko — the study concept and conducting, the chemical samples collection and processing, the study results analyzing, the text writing and illustrating; E.V. Zhuravel — the samples processing, the study results discussing.

Список литературы

Аржанова Н.В. Гидрохимические характеристики морского водоема как показатель уровня его биологической продуктивности // Тр. ВНИРО. — 2017. — Т. 169. — С. 104–116. EDN: NSGOET.

Артамонова К.В., Гангнус И.А., Духова Л.А. и др. Пространственная гидрохимическая структура поверхностного слоя атлантического и индоокеанского секторов Южного океана // Проблемы Арктики и Антарктики. — 2021. — Т. 67, № 4. — С. 328–347. DOI:10.30758/0555-2648-2021-67-4-328-347. EDN: TJMJQQ.

Богоров В.Г. Биологическая трансформация и обмен энергии и веществ в океане // Океанол. — 1967. — Т. 7, вып. 5. — С. 839–859.

Ведерников В.И., Стародубцев Е.Г. Первичная продукция и хлорофилл в юго-восточной части Тихого океана // Тр. ИО АН СССР. — 1971. — Т. 89. — С. 33–42.

Звалинский В.И., Тищенко П.П., Тищенко П.Я. и др. Результаты съемки гидрохимических и продукционных параметров на акватории Амурского залива в период паводка реки Раздольной в августе 2005 года // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря. — М. : ГЕОС, 2008. — С. 199–229. EDN: UXKTQV.

Зернова В.В. Зависимость количественного распределения фитопланктона Мексиканского залива от абиотических факторов // Тр. ИО АН СССР. — 1982. — Т. 114. — С. 60–72.

Иваненков В.Н. Общие сведения об азоте, фосфоре и кремнии // Химия океана : в 2 томах / отв. ред. О.К. Бордовский и В.Н. Иваненков. — М. : Наука, 1979. — Т. 1. — С. 176–184.

Кабанова Ю.Г. Изучение минерального питания морского фитопланктона // Океанология. — 1967. — Т. 7, № 3. — С. 495–504.

Максимова М.П. Критерии оценки степени обеспеченности фитопланктона питательными солями // Тр. ВНИРО. — 1977. — Т. 119. — С. 6–15.

Методы гидрохимических исследований основных биогенных элементов / сост. В.В. Сапожников, А.И. Агатова, Н.В. Аржанова и др. — М. : ВНИРО, 1988. — 119 с.

Подорванова Н.Ф., Ивашинникова Т.С., Петренко В.С., Хомичук Л.С. Основные черты гидрохимии залива Петра Великого (Японское море) : моногр. — Владивосток : ДВО АН СССР, 1989. — 201 с.

Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана / под ред. В.В. Сапожникова. — М. : ВНИРО, 2003. — 202 с.

Сапожников В.В. Гидрохимические методы оценки биопродуктивности промысловых районов Мирового океана // Тр. ВНИРО. — 2014. — Т. 152. — С. 3–14. EDN: TGTNTD.

Семина Г.И., Голикова Г.С., Нагаева Г.А. Фитопланктон южной части Атлантического океана в ноябре-декабре 1971 г. // Тр. ИО АН СССР. — 1982. — Т. 114. — С. 5–19.

Смирнова Л.Л., Рябушко В.И., Рябушко Л.И., Бабич И.И. Влияние концентрации биогенных элементов на сообщества микроводорослей прибрежного мелководья Черного моря // Альгология. — 1999. — Т. 9, № 3. — С. 32–42. EDN: OYVMWP.

Calvert S.E., Price N.B. Upwelling and nutrient regeneration in the Benguela Current, October, 1968 // Deep-Sea Res. — 1971. — Vol. 18, № 5. — P. 505–523. DOI: 10.1016/0011-7471(71)90074-X.

Kämpf J., Chapman P. Upwelling Systems of the World : A scientific journey to the most productive marine ecosystems. — Switzerland: Springer International Publishing, 2016. — 433 p. DOI: 10.1007/978-3-319-42524-5.

Murphy J. and Riley J.P. A modified single solution for the determination of phosphate in natural waters // *Analytica Chimica Acta*. — 1962. — Vol. 27. — P. 31–36. DOI: 10.1016/S0003-2670(00)88444-5.

Pollard J.H. A handbook of numerical and statistical techniques: with examples mainly from the life sciences. — N.Y. : Cambridge Univ. Press, 1979. — 368 p.

Raymont J.E.G. Plankton and productivity in the oceans. Vol. 1: Phytoplankton. — Oxford : Pergamon Press, 1980. — 489 p.

References

Arzhanova, N.V., Hydrochemical parameters of marine basins as indicators of its biological productivity, *Tr. Vseross. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2017, vol. 169, pp. 104–116. EDN: NSGOET

Artamonova, K.V., Gangnus, I.A., Dukhova, L.A., Maslennikov, V.V., and Lavinen, N.A., Spatial hydrochemical structure in surface waters of the Southern ocean between Africa and Antarctica, *Arctic and Antarctic Research*, 2021, vol. 67, no. 4, pp. 328–347. Doi 10.30758/0555-2648-2021-67-4-328-347. EDN: TJMJQQ

Bogorov, V.G., Biological transformation and exchange of energy and substances in the ocean, *Oceanology*, 1967, vol. 7, no. 5, pp. 839–859.

Vedernikov, V.I. and Starodubtsev, E.G., Primary production and chlorophyll in the south-eastern Pacific, *Trudy Inst. Okeanol. Akad. Nauk SSSR*, 1971, vol. 89, pp. 33–42.

Zvalinsky, V.I., Tishchenko, P.P., Tishchenko, P.Ya., Lobanov, V.B., Sagalaev, S.G., Shvetsova, M.G., Volkova, T.I., Sergeev, A.F., and Propp, L.N., Results of hydrochemical and production parameters survey in the Amur Bay water area during the Razdolnaya river flood in August 2005, in *Sovremennoe sostoyanie i tendentsii izmeneniya prirodnoi sredy zaliva Petra Velikogo Yaponskogo morya* (Current State and Trends in the Natural Environment of Peter the Great Bay, Sea of Japan), Moscow: GEOS, 2008, pp. 199–229. EDN: UXKTQV

Zernova, V.V., On the dependence of the development of phytoplankton in the Gulf of Mexico of the abiotic factors, *Trudy Inst. Okeanol. Akad. Nauk SSSR*, 1982, vol. 114, pp. 60–72.

Ivanenkov, V.N., General information on nitrogen, phosphorus, and silicon, in *Khimiya okeana* (Ocean Chemistry), Bordovskij, O.K. and Ivanenkov, V.N., eds, Moscow: Nauka, 1979, vol. 1, pp. 176–184.

Kabanova, Yu.G., Studies of mineral nutrition of marine phytoplankton, *Oceanology*, 1967, vol. 7, no. 3, pp. 495–504.

Maximova, M.P., Criteria of estimates availability of nutrients for phytoplankton, *Trudy Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1977, vol. 119, pp. 6–15.

Sapozhnikov, V.V., Agatova, A.I., Arzhanova, N.V., Naletova, I.A., Mordasova, N.V., Vladimirov, S.S., Zubarevich, V.L., Torgunova, N.I., and Bondarenko, A.I., *Metody gidrokhimicheskikh issledovaniy osnovnykh biogennykh elementov* (Methods of hydrochemical studies of main nutrients), Moscow: VNIRO, 1988.

Podorvanova, N.F., Ivashinnikova, T.S., Petrenko, V.S., and Khomichuk, L.S., *Osnovnye cherty gidrokhimii zaliva Petra Velikogo (Yaponskoye more)* (Main Features of Hydrochemistry of Peter the Great Bay (Sea of Japan)), Vladivostok: Dal'nevost. Otd. Akad. Nauk SSSR, 1989.

Rukovodstvo po khimicheskoy analizu morskikh i presnykh vod pri ekologicheskoy monitoringe rybnokhozyaystvennykh vodoyemov i perspektivnykh dlya promysla rayonov Mirovogo okeana (Guidelines for chemical analysis of marine and freshwater in the environmental monitoring of fishing reservoirs and promising areas for fishing of the oceans), Sapozhnikov, V.V., ed., Moscow: VNIRO, 2003.

Sapozhnikov, V.V., Hydrochemical Methods of the Bioproductivity Assessment in Fishing Grounds of the World Ocean, *Trudy Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2014, vol. 152, pp. 3–14. EDN: TGTNTD

Semina, H.J., Golikova, H.S., and Nagaeva, H.A., Phytoplankton of the southern Atlantic in November–December of 1971, *Trudy Inst. Okeanol. Akad. Nauk SSSR*, 1982, vol. 114, pp. 5–19.

Smyrnova, L.L., Ryabushko, V.I., Ryabushko, L.I., and Babich, I.I., The influence of the content of nutrients on microalgae communities of coastal shallows of the Black Sea, *Al'gologiya*, 1999, vol. 9, no. 3, pp. 32–42. EDN: OYVMWP

Calvert, S.E. and Price, N.B., Upwelling and nutrient regeneration in the Benguela Current in October, 1968, *Deep-Sea Res.*, 1971, vol. 18, no. 5, pp. 505–523. doi 10.1016/0011-7471(71)90074-X

Kämpf, J. and Chapman, P., *Upwelling Systems of the World: A scientific journey to the most productive marine ecosystems*, Switzerland: Springer International Publishing, 2016, doi 10.1007/978-3-319-42524-5

Murphy, J. and Riley, J.P., A modified single solution for the determination of phosphorus in natural waters, *Analytica Chimica Acta*, 1962, vol. 27, pp. 31–36. doi 10.1016/S0003-2670(00)88444-5

Pollard, J.H., *A handbook of numerical and statistical techniques: with examples mainly from the life sciences*, New York: Cambridge Univ. Press, 1977.

Raymont, J.E.G., *Plankton and productivity in the Oceans*, vol. 1: Phytoplankton, Oxford: Pergamon press, 1980.

Поступила в редакцию 2.10.2025 г.

После доработки 4.03.2026 г.

Принята к публикации 6.03.2026 г.

*The article was submitted 2.10.2025; approved after reviewing 4.03.2026;
accepted for publication 6.03.2026*

**АКВАКУЛЬТУРА
AQUACULTURE**

Обзорная статья

УДК 639.371:597.552.511**DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-172-194****EDN: OSRDLR****РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА
ГОРБУШИ И КЕТЫ В САХАЛИНО-КУРИЛЬСКОМ РЕГИОНЕ****А.Н. Макоедов¹, А.А. Макоедов^{2*}**¹ Южный научный центр РАН,

344006, г. Ростов-на-Дону, просп. Чехова, 41;

² Сахалинский филиал ВНИРО (СахНИРО),

693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 196

Аннотация. Отмечена взаимозависимость между количеством выпускаемой молоди и объемами добычи кеты и горбуши в Сахалино-Курильском регионе. Уловы тихоокеанских лососей демонстрировали положительные тренды при выпуске от 500 до 600 млн экз. Более высокие значения сопровождались уменьшением объемов вылова. Искусственное разведение молоди горбуши, по-видимому, незначительно отражалось на состоянии запасов этого вида. Не менее 95 % добычи горбуши на восточном Сахалине обеспечивали рыбы, родившиеся в естественных условиях. На о. Итуруп для состояния запасов кеты критично увеличение численности искусственно разводимой молоди более 100 млн экз. На восточном Сахалине — более 200–250 млн экз., на юго-западном — более 70 млн экз. Деятельность лососевого хозяйства Сахалинской области требует внесения корректив, направленных на устранение противоречий между окружающей средой и хозяйственной деятельностью на лососевых водных объектах, а также противоречий между краткосрочными и долгосрочными экономическими результатами деятельности и подходами к ее планированию; рыбопромышленниками, ориентированными на эксплуатацию природных популяций, и сторонниками пастбищного лососеводства; естественным воспроизводством горбуши и искусственным разведением кеты; между трендами динамики численности лососей российского происхождения в целом и лососей Сахалина и Курильских островов.

Ключевые слова: тихоокеанские лососи, кета, горбуша, искусственное воспроизводство, лососевое хозяйство, рыбоводство, вылов, Сахалино-Курильский регион, Сахалинская область

Для цитирования: Макоедов А.Н., Макоедов А.А. Результативность искусственного воспроизводства горбуши и кеты в Сахалино-Курильском регионе // Изв. ТИНРО. — 2026. — Т. 206, вып. 1. — С. 172–194. DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-172-194. EDN: OSRDLR.

* Макоедов Анатолий Николаевич, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, tomak06@mail.ru, ORCID 0000-0002-8866-1828; Макоедов Антон Анатольевич, заведующий лабораторией, makoevov.a@mail.ru, ORCID 0000-0003-4474-6245.

© Макоедов А.Н., Макоедов А.А., 2026

Effectiveness of artificial reproduction of pink and chum salmon in the Sakhalin-Kuril Region

Anatoly N. Makoev*, Anton A. Makoev**

* Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
41, Chekhov Ave., Rostov-on-Don, 344006, Russia

** Sakhalin branch of VNIRO (SakhNIRO),

196, Komsomolskaya Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia

* D. Biol., leading researcher, tomak06@mail.ru, ORCID 0000-0002-8866-1828

** head of laboratory, makoev.a@mail.ru, ORCID 0000-0003-4474-6245

Abstract. Catch dynamics of chum and pink salmon in the Sakhalin-Kuril Region did not correlate positively with the changes in their juveniles release from salmon hatcheries — the catches grew after the release of $500\text{--}600 \cdot 10^6$ ind. but decreased when the higher volumes were released. The effect of artificial reproduction of juveniles on the stocks of pink salmon was insignificant, so far as the fish from natural spawning grounds provided $> 95\%$ of the catches in eastern Sakhalin. For chum salmon, the artificial reproduction was effective when the juveniles release did not exceed $100 \cdot 10^6$ ind. in Iturup Island, $200\text{--}250 \cdot 10^6$ ind. in eastern Sakhalin, and $70 \cdot 10^6$ ind. in southwestern Sakhalin. So, the salmon hatcheries activity in the Sakhalin-Kuril Region requires adjustments to resolve contradictions between the natural environments and economic activities in the salmon water bodies; between the desired short-term and long-term economic outcomes and approaches to planning; between the fishery industry focused on exploiting natural stocks and the aquaculture developing the hatchery reproduction; between the mostly natural reproduction of pink salmon and predominantly artificial reproduction of chum salmon; and between the trends in salmon stocks dynamics in the Sakhalin-Kuril Region and generally in the Russian waters.

Keywords: pacific salmon, chum salmon, pink salmon, artificial reproduction, salmon hatchery, fish aquaculture, catch of salmon, Sakhalin-Kuril Region, Sakhalin Region

For citation: Makoev A.N., Makoev A.A. Effectiveness of artificial reproduction of pink and chum salmon in the Sakhalin-Kuril Region, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2026, vol. 206, no. 1, pp. 172–194. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-172-194. EDN: OSRDRLR.

Введение

История лососеводства в северной Пацифике насчитывает более 150 лет, тем не менее до сих пор отношение к нему остается неоднозначным. Научная литература содержит широкий диапазон мнений о результативности рыбоводных мероприятий, их влиянии на природные стада и экосистемы лососевых рек [Алтухов, 1983, 2001, 2003; Викторовский и др., 1986; Гриценко и др., 1987; Макоев и др., 1994а, б, 2009; Алтухов и др., 1997; Hiroi, 1998; Макоев, 1999; Kaeriyama, 1999; Кловач, 2003; Лихатович, 2004; Смирнов и др., 2006; Morita et al., 2006а, б; Марковцев, 2008; Каев, 2010; Запорожец, Запорожец, 2011; Шунтов, Темных, 2011; Ефанов, Бойко, 2014; Марковцев, Акулин, 2014; Kitada, 2014; Леман и др., 2015; Литвиненко, Попова, 2016; Коцюк, 2020; Радченко, 2021; Макоев, Макоев, 2022а, 2025; Ельников, Зеленников, 2023; Колпаков, Кульбачный, 2023].

Авторы значительной части критических замечаний не отрицают потенциальную полезность искусственного разведения молоди тихоокеанских лососей, но отмечают несоблюдение научных рекомендаций, которые должны лежать в основе рыбоводных мероприятий [Гринберг, 2021].

Влияние лососеводства на промысловые показатели Сахалинской области рассматривали различные исследователи [Смирнов и др., 2006; Каев, Игнатьев, 2007, 2015; Каев, 2010; Стеколыщикова и др., 2011, 2021, 2023, 2024; Стеколыщикова, Акиничева, 2013; Стеколыщикова, 2015, 2021; Каев и др., 2021; Радченко, 2021; Макоев, Макоев, 2022а, 2025].

Цель предлагаемой работы — оценить результативность искусственного разведения молоди горбуши и кеты в Сахалино-Курильском регионе.

Материалы и методы

Материалом для исследования послужили данные о вылове и выпуске молоди тихоокеанских лососей, размещенные на официальных сайтах НПАФК (NPAFC — North Pacific Anadromous Fish Commission, Комиссия по анадромным рыбам северной части Тихого океана по состоянию на 28.06.2024 г.), Федерального агентства по рыболовству (fish.gov.ru), ВНИРО (vniro.ru) и различных литературных источников. Несомненную помощь оказали материалы служебных документов открытого доступа.

Собранные материалы были инвентаризированы, обработаны и представлены в графическом виде с помощью стандартных компьютерных программ Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Мировые тенденции

Основу искусственного разведения тихоокеанских лососей в северной части Тихого океана формируют горбуша и кета (см. таблицу).

Объемы выпуска молоди тихоокеанских лососей в 2024 г., млрд экз.*
Volumes of pacific salmon fry release in 2024, 10⁹ ind.

Страна	Всего	Горбуша	Кета
США	2,19	1,01 (46,1)	0,84 (38,3)
Россия	1,62	0,15 (9,2)	1,45 (89,5)
Япония	1,17	0,01 (0,8)	1,16 (99,1)
Канада	0,19	0,01 (5,2)	0,03 (15,8)
Республика Корея	0,01	0 (0)	0,01 (100)

* <https://www.npafc.org/>. В скобках доля от общего выпуска молоди тихоокеанских лососей в странах, %.

Из всех стран, где воспроизводятся тихоокеанские лососи, только США наибольшее рыбоводное предпочтение отдают горбуше. В 2014–2024 гг. там ежегодно выпускали в среднем более 950 млн заводской молоди этого вида.

После уточнения экономической эффективности лососеводства [Ohnuki et al., 2015; Радченко, 2021] Япония существенно уменьшила объемы искусственного разведения горбуши (рис. 1). В 2000–2015 гг. в среднем выпускали около 140 млн экз. молоди, в 2020–2024 гг. — лишь 76 млн экз.

Основным объектом японского лососеводства является кета. Однако и ее валовые показатели производства молоди последовательно уменьшают (рис. 1). В 1981–2010 гг. средние объемы выпуска составляли 1,93 млрд экз., в 2011–2019 гг. — 1,70, в 2020–2024 гг. — 1,26 млрд экз.

Дальний Восток России

Наша страна занимает второе место в мировом производстве заводской молоди тихоокеанских лососей. В XX в. горбуши выпускали больше, чем кеты. Затем пропорции начали меняться, и в последнее время преобладающим объектом искусственного разведения стала кета (см. таблицу, рис. 2).

Почти 90 лососевых рыбоводных заводов (ЛРЗ) Сахалино-Курильского региона обеспечивают более 80 % отечественного выпуска молоди тихоокеанских лососей (рис. 3). Оставшаяся часть искусственно разводимой молоди приходится на ЛРЗ Магаданской области, Камчатского, Хабаровского и Приморского краев. Лидирующие позиции в отечественном лососеводстве занимают охотоморское побережье Сахалина и о. Итуруп.

Сахалино-Курильский регион в целом

При сопоставлении данных рыбоводной и рыбопромысловой статистики можно заметить разнонаправленные тренды показателей общего выпуска молоди кеты и горбуши, с одной стороны, и общего вылова этих видов в районах лососе-



Рис. 1. Выпуск молоди кеты и горбуши в Японии
Fig. 1. Release of juvenile chum and pink salmon in Japan

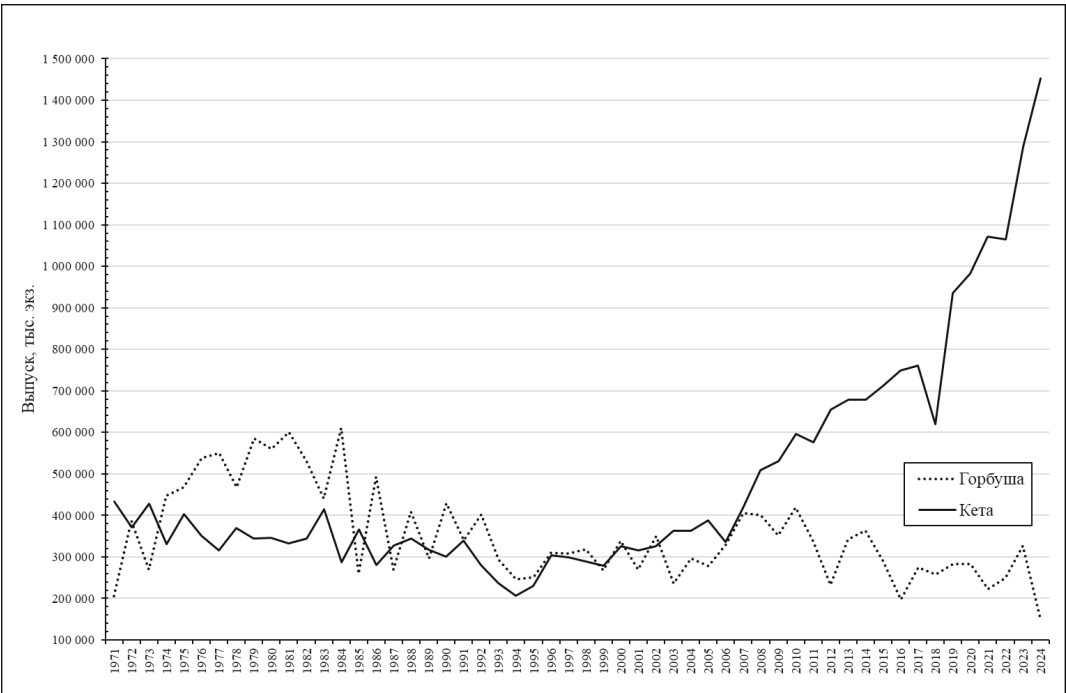


Рис. 2. Выпуск молоди кеты и горбуши в России
Fig. 2. Release of juvenile chum and pink salmon in Russia

водства Сахалинской области — с другой (рис. 4). По-видимому, верхний предел допустимых объемов выпуска заводской молоди для всего Сахалино-Курильского региона, не оказывающий угнетающего влияния на запасы лососей, находится в интервале от 500 до 600 млн экз. При таких значениях выпуска (1990–2006 гг.)

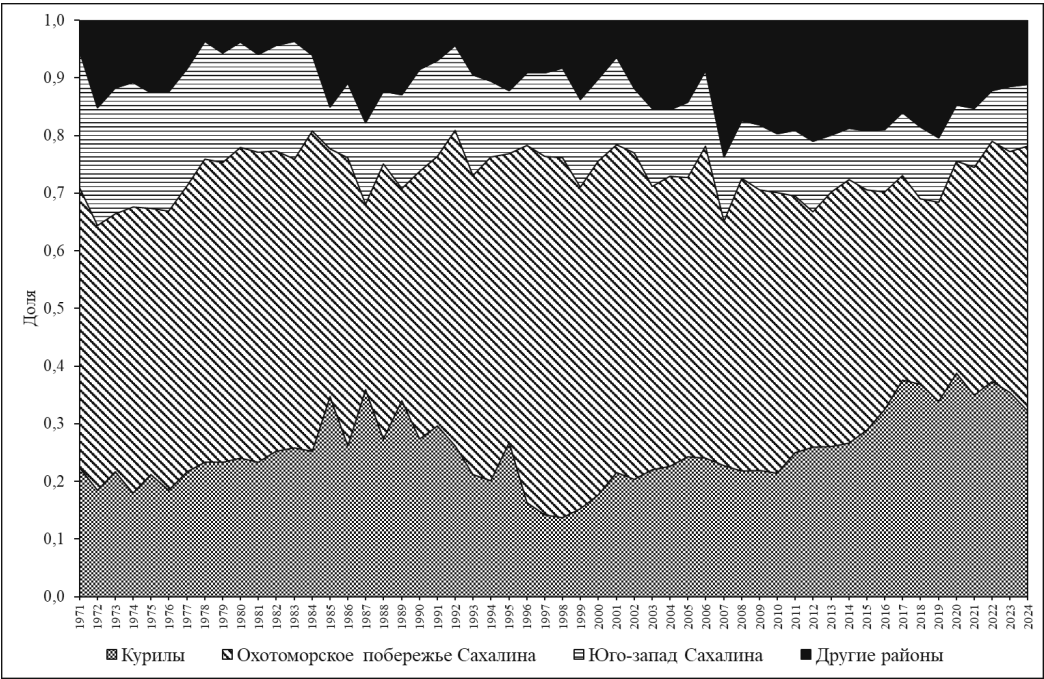


Рис. 3. Доля районов рыбоводства в отечественном выпуске молоди тихоокеанских лососей
Fig. 3. Share of domestic release of pacific salmon juveniles in Russia, by areas

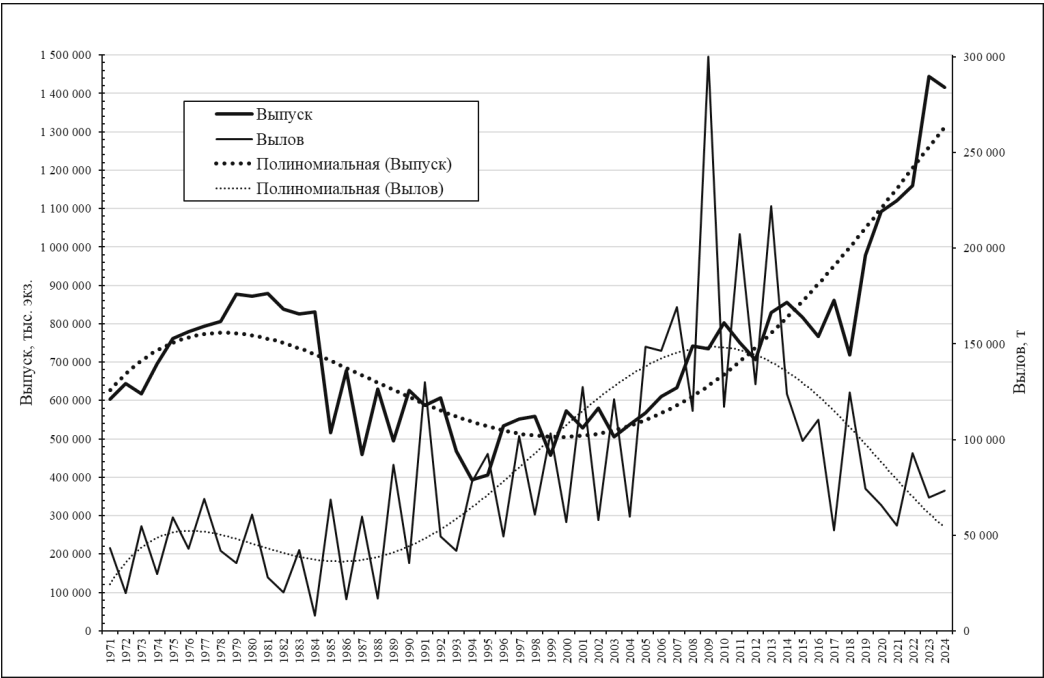


Рис. 4. Выпуск молоди и вылов кеты и горбуши в Сахалинской области
Fig. 4. Dynamics of chum and pink salmon juveniles release and catches of these species in the Sakhalin Region

тренды вылова имели положительную направленность. Когда объемы выпуска превышали упомянутую верхнюю границу (1972–1984 гг. и с 2008 г. по настоящее время), соответствующие срокам возврата производителей тренды вылова демонстрировали снижение.

В ходе путины 2024 г. сахалинские рыболовные предприятия часть выращенной кеты и горбуши стали переводить из категории искусственного воспроизводства в категорию товарной (пастбищной) аквакультуры, что негативно отразилось на рыбопромысловой статистике [Колончин, 2025]. Зафиксированный объем вылова в тот год составил 235,4 тыс. т. Показатели добычи в режиме товарной аквакультуры не приводятся. По неофициальной информации в 2024 г. к рыболовной продукции в Сахалинской области было отнесено примерно 15 тыс. т добытых тихоокеанских лососей, преимущественно кеты. Видимо, с учетом указанных объемов российские уловы тихоокеанских лососей в статистике НПАФК за 2024 г. составили 250,9 тыс. т*. Именно такие значения отражены в приводимых графиках (рис. 4).

Существует мнение, что искусственное разведение молоди горбуши в Сахалино-Курильском регионе не влияет на динамику ее вылова, а промысловые показатели кеты почти полностью зависят от работы ЛРЗ [Каев, 2010]. Рассмотрим результативность искусственного воспроизводства кеты и горбуши в каждом из рыбопромысловых районов, затронутых рыболовными мероприятиями. Любые суждения по данному аспекту в основном будут базироваться на косвенных оценках, поскольку крайне мало информации, основанной непосредственно на результатах мечения.

Южные Курильские острова. Горбуша

С 1971 по 2024 г. южнокурильские рыболовные заводы выпускали от 29 до 223 (в среднем 134,6) млн экз. молоди горбуши (рис. 5). Полиномиальные кривые указывают на то, что в течение всего этого периода выпуск заводской молоди и уловы данного вида либо не проявляли зависимости, либо находились в противофазе. В 1970-е гг. при уве-

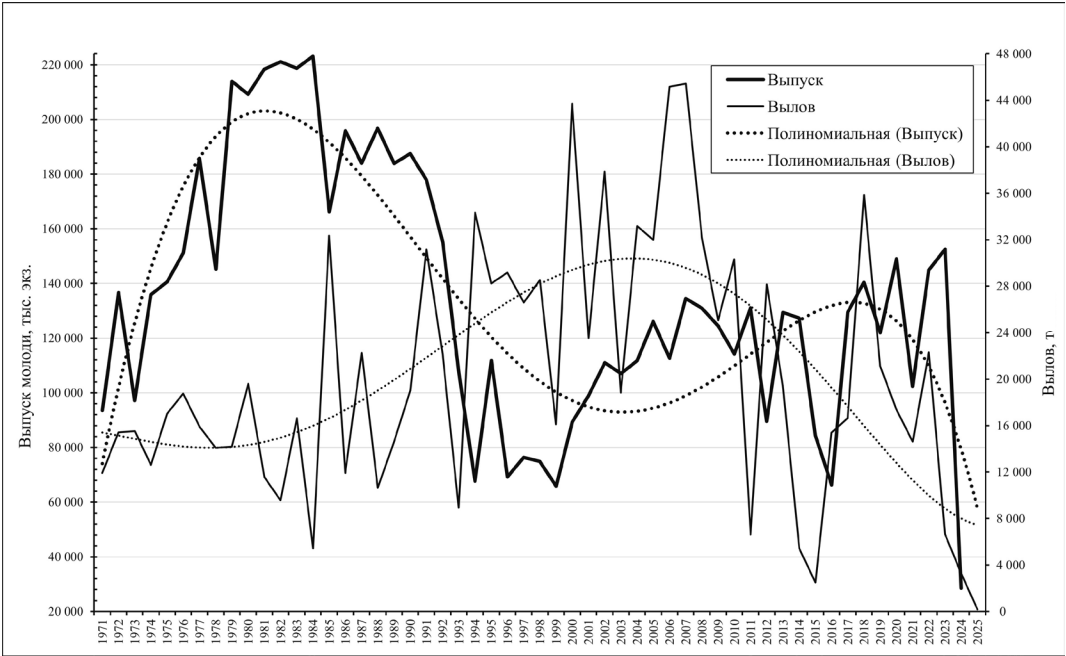


Рис. 5. Выпуск молоди и уловы горбуши на южных Курильских островах

Fig. 5. Dynamics of pink salmon juveniles release and catch of this species in the southern Kuril Islands

* Официальный прогноз возможного вылова тихоокеанских лососей для Дальнего Востока России на 2024 г. составил 320 тыс. т. Рассчитанные на основании закономерностей динамики численности тихоокеанских лососей российского происхождения значения объемов добычи для 2024 г. составили 250 тыс. т [Макоедов, Макоедов, 2023а, б], т.е. на 100 % совпали с фактическим выловом.

личении выпуска молоди с 93 до 214 млн экз. объемы добычи были в интервале от 11,9 до 19,6 тыс. т. В тот период запасы тихоокеанских лососей российского происхождения находились на относительно низком историческом уровне, а рыболовные мероприятия, судя по полиномиальной кривой вылова, не влияли на естественную ритмику динамики численности. Аналогичные заключения сделаны и для других лососевых стад [Макоедов и др., 1994а, б; Рогатных и др., 1994; Макоедов, 1999; Стеколыщикова, 2015].

При последующем сокращении производства молоди с середины 1980-х до начала 2000-х гг. (максимум 223 млн экз., минимум 66 млн экз.) происходило увеличение уловов горбуши. Неизвестно, насколько рассматриваемые тенденции были взаимозависимы, поскольку в это время шло общее увеличение запасов тихоокеанских лососей российского происхождения.

В рассматриваемый период наиболее благоприятная промысловая обстановка по горбуше (уловы в рыбные годы превышали 30 тыс. т) складывалась на южных Курильских островах преимущественно тогда, когда количество искусственно разводимой молоди данного вида находилось в пределах до 130 млн экз. При дальнейшем увеличении объемов выпуска уловы снижались.

Отдельные резкие увеличения показателей вылова в 2010–2020-е гг. могли быть обусловлены внедрением кошелькового облова мигрирующих стад горбуши и кеты. По-видимому, более всего привлечение дополнительных промысловых мощностей отразилось на итогах путины в 2018 и 2019 гг. Именно тогда были зафиксированы наиболее выраженные синхронные увеличения объемов добычи горбуши и кеты у южных Курильских островов.

На основании данных о доле рыб с отолитными метками вклад ЛРЗ в суммарные уловы горбуши возле о. Итуруп в 2021 г. был оценен на уровне более 80 % [Зеленников, Косач, 2024].

После того как в 2017–2023 гг. объемы производства заводской молоди горбуши находились (кроме 2021 г.) в пределах от 130 до 150 (в среднем 134,4) млн экз., уловы сократились до 3,30 тыс. т в 2024 г. и до 0,16 тыс. т в 2025 г. Выпуск слишком большого количества молоди может приводить к превышению приемной емкости прибрежных морских акваторий [Смирнов и др., 2006], которая, в свою очередь, подвержена изменениям.

Точно так же может изменяться вклад отдельных видов тихоокеанских лососей в формирование общей биомассы нектона эпипелагиали российских вод дальневосточных морей [Шунтов, 2016].

Из приведенных данных следует, что рыболовные мероприятия могли оказывать позитивное влияние на промысловые запасы южнокурильского стада горбуши. Однако при производстве заводской молоди выше оптимального количественного уровня, который не остается постоянным во времени, такое влияние могло приобрести отрицательный характер.

Охотоморское побережье Сахалина. Горбуша

В 1971–2024 гг. рыболовные заводы, расположенные на побережье восточного Сахалина, выпускали от 68 до 366 (в среднем 195,1) млн экз. молоди горбуши (рис. 6). Тренды полиномиальных кривых, отражающих показатели выпуска и вылова, менялись почти синхронно.

Можно предположить, что вылов в значительной мере зависел от количества выпущенной молоди. Также можно допустить, что объемы оплодотворенной икры, закладываемой на инкубацию, сильно зависели от численности подходов производителей, а наблюдаемая синхронность носит случайный характер. Рассмотрим доступную информацию на этот счет.

Доля заводской молоди в 1999–2009 гг. составляла от 6 до 14 % (в среднем 9) в общем скате горбуши охотоморского побережья Сахалина и Курильских островов [Радченко, 2021]. При этом ее выживаемость оценивали в 3,5 раза ниже, чем природной молоди [Стеколыщикова, 2015].

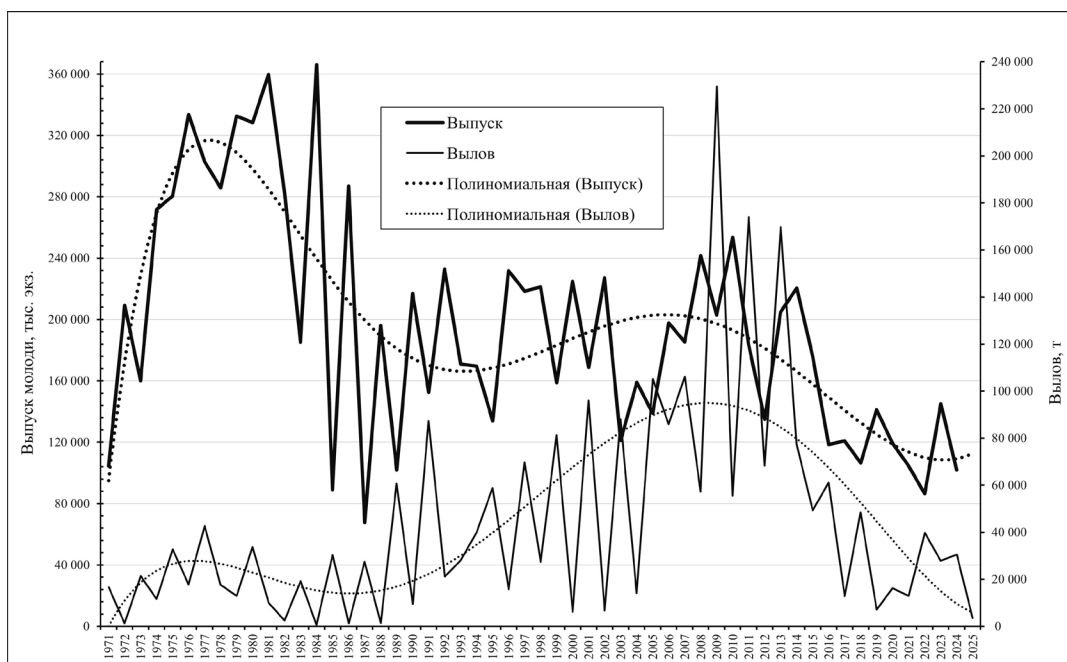


Рис. 6. Выпуск молоди и уловы горбуши на восточном Сахалине

Fig. 6. Dynamics of pink salmon juveniles release and catch of this species in eastern Sakhalin

Основываясь на результатах отолитного мечения [Стеколыщикова, 2015], уровня стрейнга и перехватывающего промысла вдоль юго-восточной части побережья Сахалина [Антонов и др., 2014], доля заводской горбуши в ее общем возврате в зал. Анива в 2010–2013 гг. была оценена в пределах от 12 до 21 %, а в общих уловах на восточном побережье острова — от 0,2 до 5,0 % при среднем значении 2,6 % [Радченко, 2021].

Средняя доля производителей с отолитной меткой Анивского ЛРЗ, обеспечившего около 50 % общего выпуска молоди горбуши в зал. Анива, в здешних ее уловах в 2010–2016 гг. составила 1,75 % [Мякишев и др., 2019]. Общая доля заводской горбуши в зал. Анива могла достигать 3,5 и даже 5,9 %. Коэффициенты возврата анивской горбуши искусственного разведения в 2010–2013 гг. оценены на уровне 0,3–2,8 %, хотя в базовые реки ЛРЗ возвращалось лишь от 0,1 до 1,0 % выпущенных рыб [Радченко, 2021].

В 2018 г. суммарная численность возврата горбуши, маркированной на ЛРЗ «Пугачевский», «Бахура» и «Анивский», в водные объекты восточного Сахалина была оценена на уровне 1,5 млн экз., что обеспечило вылов 0,8 тыс. т [Стеколыщикова и др., 2023]. В 2017 г. упомянутые заводы выпустили соответственно 21,6, 11,1 и 20,6 млн экз. молоди горбуши, которые в 2018 г. дали расчетный средний возврат 2,8 %.

Доля трех упомянутых заводов в общем выпуске молоди горбуши рыболовными предприятиями восточного Сахалина в 2017 г. составила 44,1 %. Если у всей заводской молоди горбуши рассматриваемого района в 2018 г. коэффициент возврата был на уровне около 3 %, то результатом рыболовных мероприятий стал вылов 1,8 тыс. т, или 3,7 % общего вылова горбуши на охотоморском побережье Сахалина.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что более 95 % уловов горбуши на восточном Сахалине обеспечивают рыбы, родившиеся в естественных условиях. Отмеченная выше синхронность трендов выпуска молоди и уловов, скорее всего, носит случайный характер. Среднегодовое производство более 195 млн экз. заводской молоди предопределяло объемы добычи горбуши, находящиеся в пределах погрешностей рыбопромысловой статистики, и не влияло на естественную ритмику динамики численности.

Юго-западное побережье Сахалина. Горбуша

В 1971–2024 гг. рыболовные заводы, расположенные на юго-западном побережье Сахалина, выпускали от 0,5 до 61,3 (в среднем 15,4) млн экз. молоди горбуши (рис. 7).

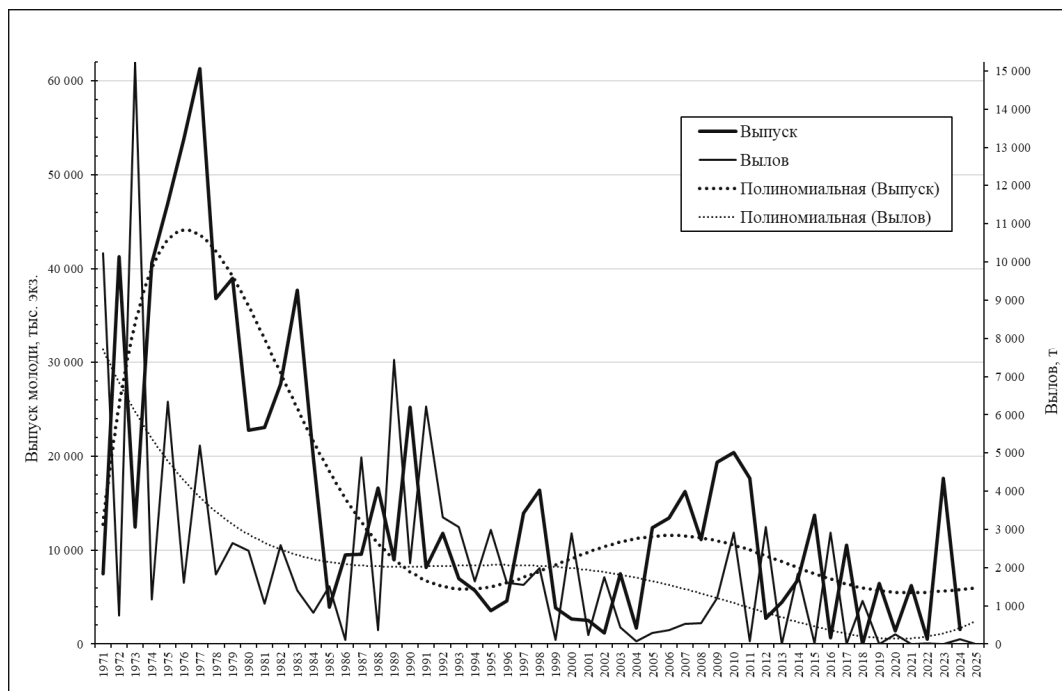


Рис. 7. Выпуск молоди и уловы горбуши на юго-западе Сахалина

Fig. 7. Dynamics of pink salmon juveniles release and catch of this species in southwestern Sakhalin

Судя по трендам полиномиальных кривых на графике (рис. 7), сложно говорить о каких-либо устойчивых связях между количеством разводимой молоди и уловами.

Изменения биологических характеристик горбуши

Данные, полученные в 2011–2024 гг., свидетельствуют об уменьшении размеров и массы тела южнокурильской горбуши, в равной мере проявившемся в генерациях четных и нечетных лет (рис. 8, 9). Следует заметить, что такие изменения происходили на фоне поступательного сокращения уловов. Отмеченные тенденции противоречат довольно распространенному мнению о том, что размеры и масса тела стайных рыб обычно находится в обратной зависимости от их численности [Шевляков, Островский, 2025].

Схожие тенденции в указанный период времени в той или иной мере проявились почти во всех рыбопромысловых районах региона, включая северо-западное и северо-восточное побережья Сахалина, которые практически не были затронуты рыболовными мероприятиями. Лишь на юго-западном побережье Сахалина у генераций горбуши четных лет размеры и масса тела проявили тенденцию к незначительному увеличению (рис. 10).

Южные Курильские острова. Кета

В 1971–2024 гг. южнокурильские рыболовные заводы выпускали от 1,7 до 484,7 (в среднем 94,5) млн экз. молоди кеты (рис. 11).

Судя по полиномиальным кривым, со второй половины 1970-х до начала 2010-х гг. тренды выпуска молоди и вылова были чрезвычайно схожи. Однако после того как количество разводимой молоди стало превышать 100 млн экз., объемы добычи, пройдя пиковые значения 2015 г. (25,3 тыс. т) и 2019 г. (28,5 тыс. т), стали прогрессивно сни-

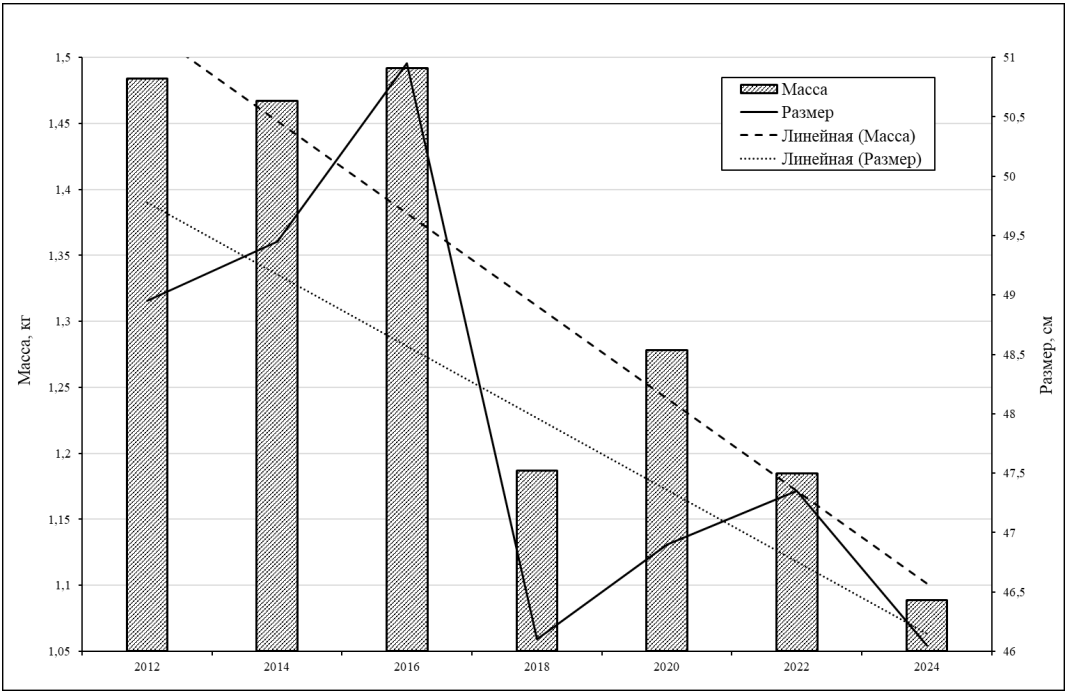


Рис. 8. Средний размер и масса тела горбуши южных Курильских островов (четные линии)

Fig. 8. Mean size and weight of pink salmon in catches in the southern Kuril Islands (even years)

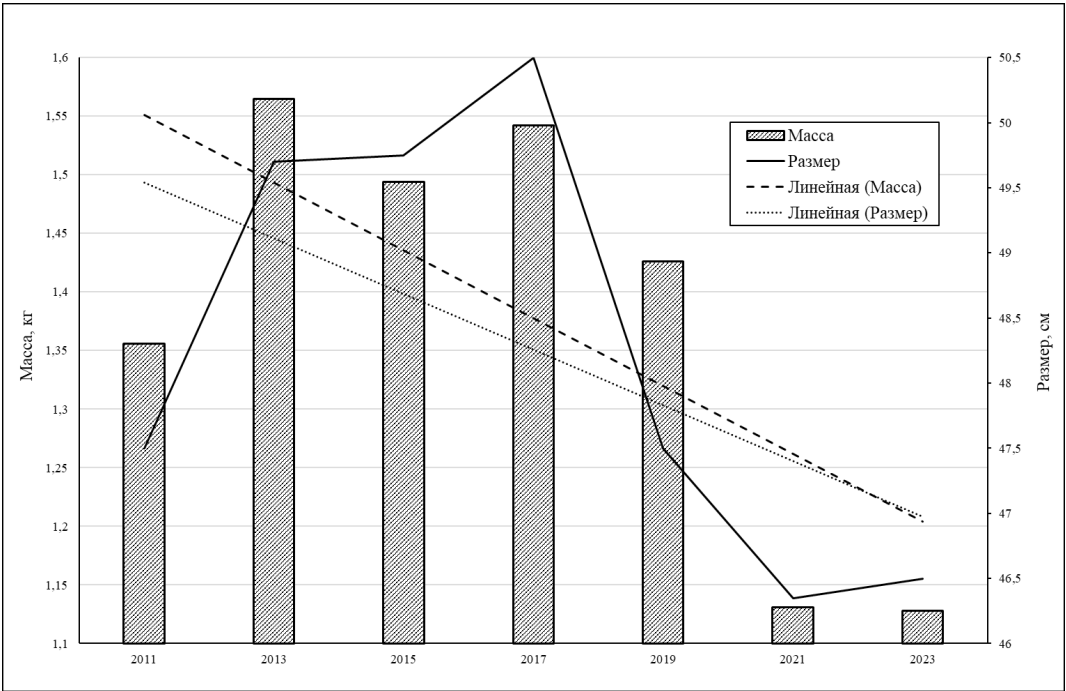


Рис. 9. Средний размер и масса тела горбуши южных Курильских островов (нечетные линии)

Fig. 9. Mean size and weight of pink salmon in catches in the southern Kuril Islands (odd years)

жаться. В 2025 г. зафиксированные уловы кеты (0,4 тыс. т) оказались минимальными за рассматриваемый период.

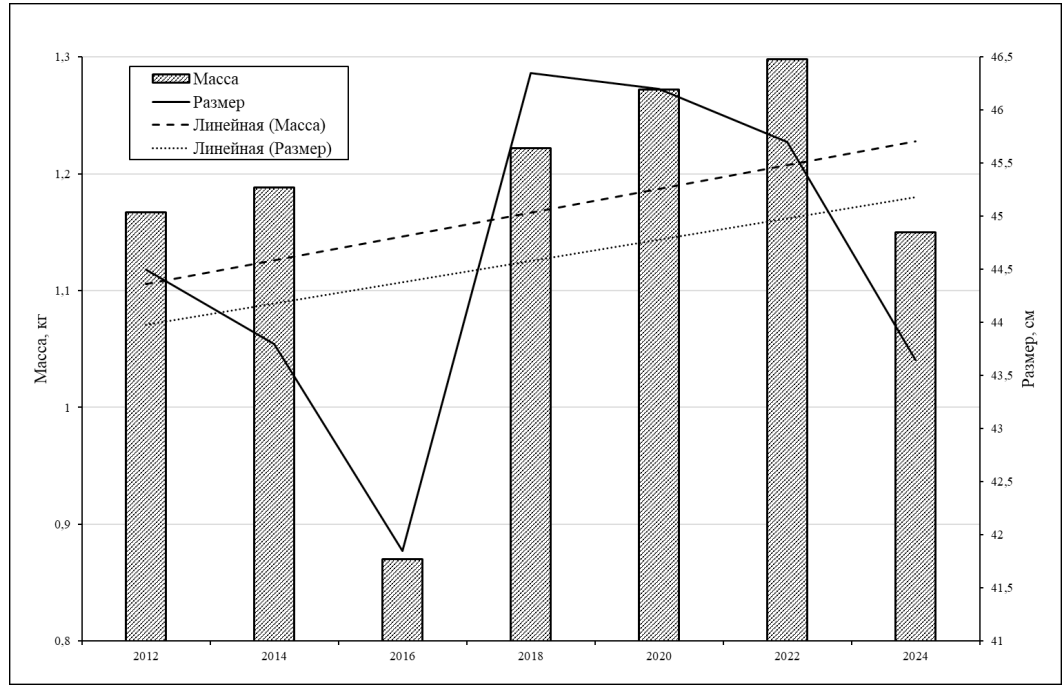


Рис. 10. Средняя длина и масса тела горбуши юго-западного побережья Сахалина (четные линии)

Fig. 10. Mean size and weight of pink salmon in catches on the southwestern coast of Sakhalin (even years)

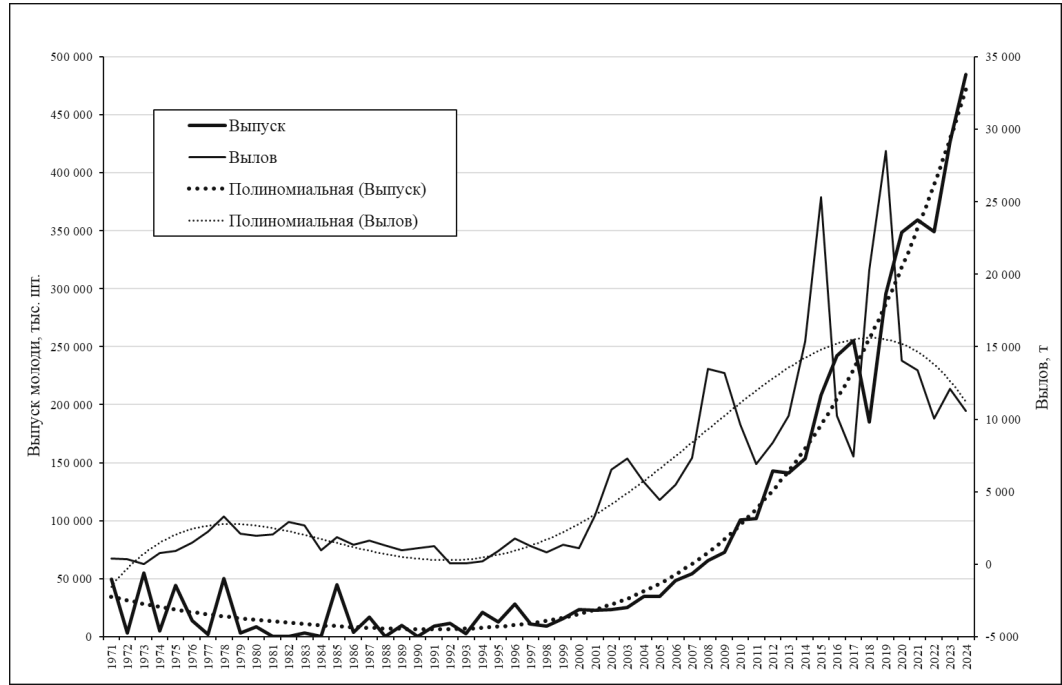


Рис. 11. Выпуск молоди и уловы кеты на южных Курильских островах

Fig. 11. Dynamics of chum salmon juveniles release and catch of this species in the southern Kuril Islands

Если вылов кеты в районе южных Курильских островов определяют совокупности (природные и заводские) местного происхождения, то напрашивается предположение,

что в данном случае также могло произойти перепроизводство заводской молоди, негативно отразившееся на численности южнокурильской кеты. Ранее было отмечено, что более чем десятикратное увеличение объемов выпуска молоди кеты ЛРЗ о. Итуруп в 2000–2020 гг. сопровождалось замедлением роста рыб в ранний морской период жизни, уменьшением средней массы тела и снижением коэффициента возврата [Каев и др., 2021].

На основании косвенных методов оценки тесную связь выпуска молоди (с 1996 по 2020 г.) с уловами (с 1998 по 2022 г.) кеты у о. Итуруп отмечали другие исследователи [Ельников, Зеленников, 2023]. Также был затронут вопрос о возрастании пищевой конкуренции в прибрежной акватории по мере увеличения численности заводской молоди.

Исходя из данных о встречаемости производителей кеты с отолитными метками на речных и озерных нерестилищах зал. Простор и зал. Курильского (о. Итуруп), средняя доля заводских рыб в 2014–2022 гг. была оценена соответственно в 9,6 и 13,6 % [Стеколыщикова и др., 2024].

По-видимому, искусственное разведение кеты в некоторые отрезки времени благоприятствовало ее добыче возле южных Курильских островов. Однако увеличение численности заводской молоди более 100 млн экз. становится критичным для состояния запасов здешней кеты. Во всяком случае, именно после превышения этого значения начиная с 2010 г. происходила смена трендов полиномиальной кривой вылова. По мере последующего увеличения объемов выпуска заводской молоди следовало фактически обвальное сокращение уловов.

Судя по всему, предприятия, финансирующие курильские ЛРЗ, аналогичным образом оценивают результативность лососеводства. В ближайшей перспективе на о. Итуруп намечено кардинальное сокращение заводского производства тихоокеанских лососей (<https://rutube.ru/video/private/3131a2abf334cfd8ef8d9d1f00d20256/?p=AF5hcYVuH4ZNmWZwyIacrQ>).

Охотоморское побережье Сахалина. Кета

В период с 1971 по 2024 г. рыболовные заводы, действующие на охотоморском побережье Сахалина, выпускали от 77,6 до 630,3 (в среднем 194,1) млн экз. молоди кеты (рис. 12). Если в 1970–1980-е гг. сложно заметить какие-либо взаимозависимости полиномиальных кривых выпуска и вылова, то со второй половины 1990-х гг. можно проследить совпадение трендов сравниваемых параметров.

В данном районе длительное время проводила исследования научная группа под руководством выдающегося ученого Ю.П. Алтухова. В результате выполненных работ были сформулированы основополагающие принципы проведения рыболовных мероприятий [Алтухов, 2003]. Именно на здешних ЛРЗ можно отметить наиболее точное следование научным рекомендациям при искусственном разведении тихоокеанских лососей.

На восточном Сахалине, хотя и менее рельефно, чем на о. Итуруп, заметно проявление отрицательного тренда вылова по мере увеличения объемов выпуска молоди. Похоже, допустимый предел, превышение которого запускает негативные процессы в состоянии запасов здешних популяций кеты, находится возле значений 200–250 млн экз. После необычайно высоких уловов 2009 г. затем до 2021 г. включительно шло их последовательное снижение. В 2022–2024 гг. объемы вылова вновь стали увеличиваться. Однако не исключено, что в данном случае увеличение уловов не столько связано с увеличением запасов, сколько обусловлено повышением доли промыслового изъятия производителей. Для природных популяций такая доля обычно составляет около 30–40 %. Если же весь возврат кеты рассматривать как продукт пастбищного выращивания, то изъятие может достигать до 100 %. Практически это легко достижимо при организации добычи на рыбоучетных заграждениях. Таким образом, при одном и том же уровне численности эксплуатируемого стада, но при разных подходах к пользованию водными биоресурсами объемы добычи могут различаться в 2,5–3,0 раза. Не исключено, что именно таким путем удалось повысить показатели вылова в обсуждаемом районе в 2022–2024 гг.

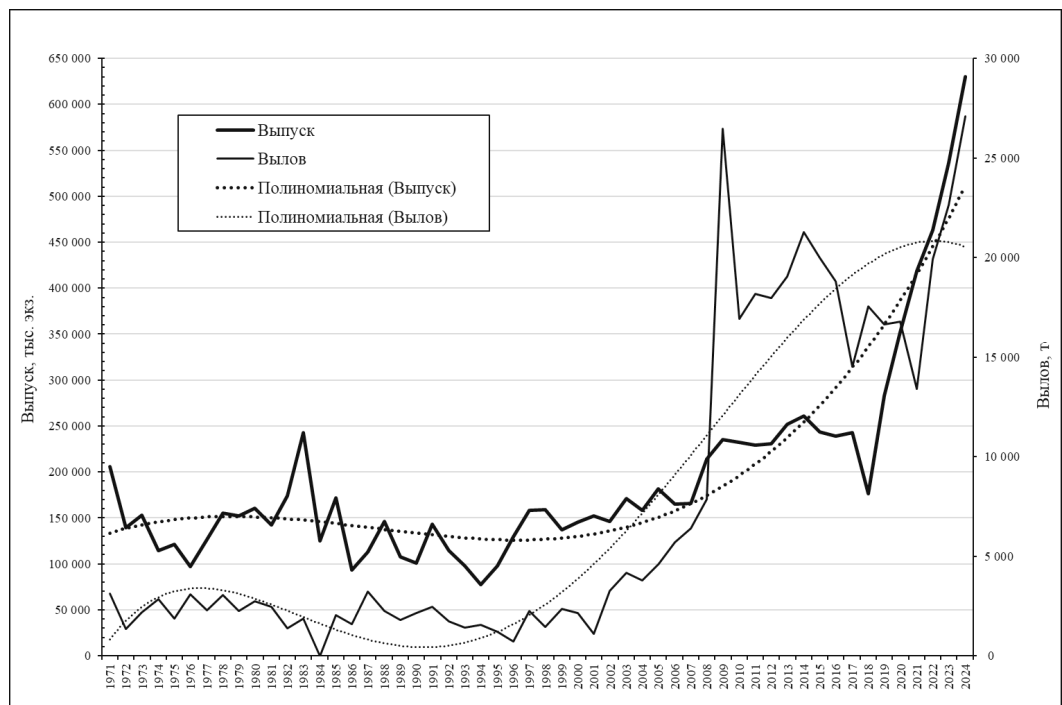


Рис. 12. Выпуск молоди и уловы кеты на охотоморском побережье Сахалина
Fig. 12. Dynamics of chum salmon juveniles release catch of this species on the Okhotsk Sea coast of Sakhalin

Юго-западное побережье Сахалина. Кета

В период с 1971 по 2024 г. ЛРЗ, расположенные на юго-западном побережье Сахалина, выпускали от 40,1 до 169,2 (в среднем 99,9) млн экз. молоди кеты (рис. 13).

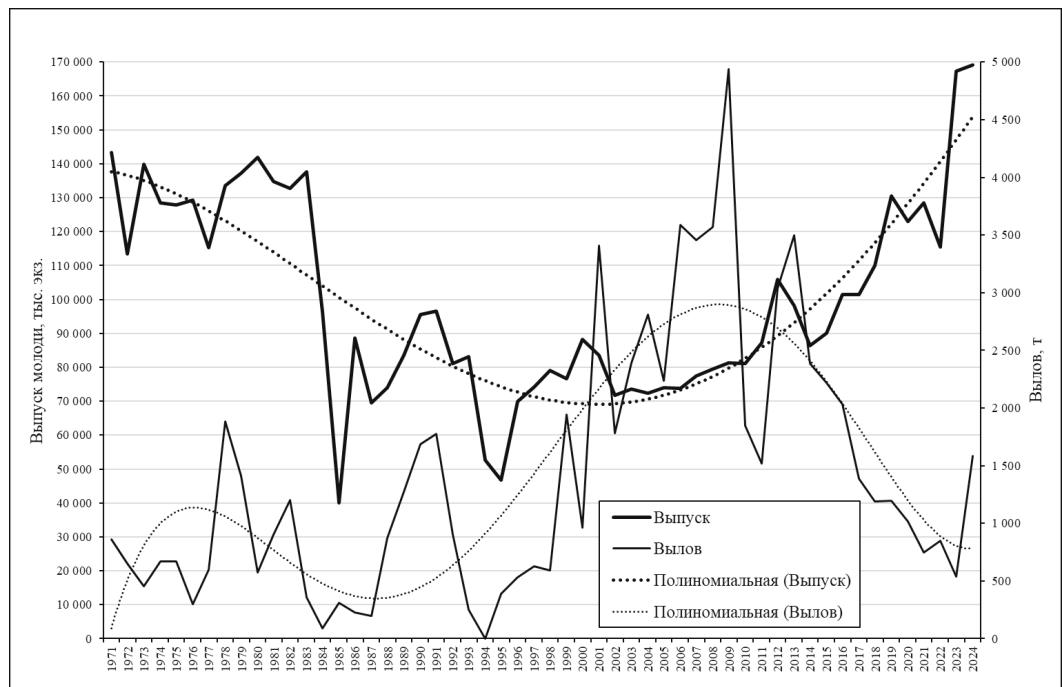


Рис. 13. Выпуск молоди и уловы кеты на юго-западе Сахалина
Fig. 13. Dynamics of chum salmon juveniles release and catch of this species in southwestern Sakhalin

Здесь начиная со второй половины 1990-х гг. можно заметить, что превышение показателей выпуска до более чем 70 млн экз. сопровождалось снижением уловов, которые в рассматриваемом районе в последнее время были примерно на порядок меньше, чем возле о. Итуруп или охотоморского побережья Сахалина.

Известно, что молодь тихоокеанских лососей искусственного разведения намного хуже адаптирована к жизни в естественной среде, чем природная. Нередко значительную часть рыб сразу же после выпуска с ЛРЗ выедают хищники [Канидьев, 1984]. Для Сахалина показано, что в одних и тех же местах обитания заводская молодь кеты оказывалась более доступным кормом для хищников, чем дикая молодь горбуши [Зеленников и др., 2022]. При оценке результативности рыбоводной деятельности на магаданском побережье Охотского моря единственным ее полезным следствием сочли то, что заводская молодь кеты может отвлекать на себя основное внимание хищников, облегчая таким образом жизнь более приспособленным диким рыбам в речной и ранний морской периоды [Макоедов, 1999].

Отмеченные взаимозависимости между объемами искусственно разводимой рыбы и ее последующими уловами, по-видимому, носят многофакторный характер. Здесь возможны различные проявления естественного отбора, селективности рыбоводства и промысла, обострения конкуренции за кормовые ресурсы, возникновения эпизоотий из-за повышенной скученности молоди, снижения приспособленности заводских группировок вследствие межзаводских перевозок оплодотворенной икры и т.д. и т.п. [Алтухов и др., 1997; Алтухов, 2003].

Зависимость между объемами выпуска заводской молоди и величиной уловов была подробно рассмотрена на примере осетровых рыб Волжско-Каспийского бассейна [Алтухов, Евсюков, 2001]. Исследователи, опираясь на модели В. Рикера, показали, что при неоправданно большом выпуске искусственно выращенной молоди та доля, которая приходится на естественный нерест, сокращается. Выпуск молоди рыбоводными заводами способен существенно увеличить численность промыслового стада только при условии соблюдения условий оптимального выпуска молоди. Ее перепроизводство, как было показано на примере деградации волжско-каспийского стада русского осетра, вместо ожидаемого увеличения промыслового запаса приводит к обратному результату. Рыбоводная деятельность, по мнению исследователей, оказавшая также отрицательное воздействие на численность белуги и севрюги, стала более сильным негативным фактором, нежели зарегулирование стока рек, химическое загрязнение водной среды и браконьерство.

Сторонники перехода к управлению запасами кеты, предполагающего примат искусственного разведения молоди, рассчитывают на быстрое получение экономических выгод. Однако при этом они не учитывают или вовсе игнорируют опасности возникновения или обострения различных противоречий, которые могут весьма скоро привести к потерям, значительно превышающим первоначальный экономический выигрыш. Кратко обозначим такие противоречия.

Во-первых, без наличия четкой научно обоснованной концепции пастбищного лососеводства на Дальнем Востоке России [Леман и др., 2015] рыбоводные предприятия произвольно и нерегулируемо увеличивают объемы выпуска заводской молоди кеты. Это, как свидетельствует практика, при превышении установленных природой пределов сопровождается сокращением уловов. Следовательно, существует противоречие между краткосрочными и долгосрочными экономическими результатами деятельности и подходами к ее планированию.

Во-вторых, не сформированы базовые принципы рационального распределения усилий и средств между поддержанием воспроизводства диких популяций, регулированием промысла и искусственным воспроизводством [Леман и др., 2015]. Как следствие, в Сахалино-Курильском регионе все более обостряется противоречие между рыбопромышленниками, ориентированными на эксплуатацию природных популяций, и сторонниками пастбищного лососеводства. При этом экономические результаты деятельности

и тех и других в определяющей мере зависят от того, насколько благоприятными для рыб промысловых стад были не контролируемые человеком природные условия.

В-третьих, исторически в Сахалино-Курильском регионе основным объектом лососевого промысла была горбуша, которая воспроизводится почти во всех водотоках Сахалина и Курильских островов. В то же время во многих бассейнах лососевых рек региона природные нерестилища кеты отсутствуют.

Репродуктивный потенциал лососевых стад в значительной степени зависит от условий нереста, которым в свою очередь могут благоприятствовать охранные и мелиоративные мероприятия. При необходимости репродуктивный потенциал можно попытаться увеличить за счет рыбоводных мероприятий, включая заводские методы. Однако в любом случае объектом воздействия на репродуктивный потенциал должно выступать конкретное природное стадо (популяция) того или иного вида тихоокеанских лососей. Именно в таком контексте чаще всего рассматривают обоснованность рыбоводных мероприятий для тихоокеанских лососей Дальнего Востока России [Вронский, 1980; Рухлов, 1980, 1989; Рослый, 1984; Викторовский и др., 1986; Гриценко и др., 1987; Хоревин, 1989; Алтухов и др., 1997; Макоедов, 1999; Алтухов, 2003; Куманцов, 2008; Запорожец, Запорожец, 2011; Коцюк, 2020; и др.].

До относительно недавнего времени искусственное разведение молоди кеты в Сахалино-Курильском регионе осуществляли лишь в тех пресноводных бассейнах, где исторически присутствовали природные нерестилища этого вида. Однако по мере расширения сети ЛРЗ и активизации нерегулируемой рыбоводной деятельности в этот процесс стали вовлекать реки, в которых вполне успешно размножалась горбуша, а природные группировки кеты никогда ранее не воспроизводились. В результате возникло противоречие между естественным воспроизводством горбуши и искусственным разведением кеты. Видимым практическим следствием такого противоречия стало резкое сокращение запасов (и уловов) горбуши. Особенно заметно такое сокращение проявилось в исторически наиболее урожайные нечетные годы. Вряд ли приведенные выше примеры повышения уловов кеты, обусловленного практически полным изъятием производителей, в долгосрочном плане смогут компенсировать потери промысла горбуши.

В-четвертых, сокращение численности производителей горбуши на естественных нерестилищах и тотальное изъятие заводской кеты лишают экосистемы лососевых рек поступления биогенных веществ, формирующих основу питания молоди кеты и горбуши в реках и эстуариях. Кроме того, существенно изменяется ситуация в общем биоценозе, частью которого является лососевый водоем. В частности медведи, лишившись привычного рыбного рациона на нерестовых реках, стали намного чаще заходить в населенные пункты Сахалинской области, создавая реальную угрозу жизни людей. Таким образом, в районах нерегулируемого лососеводства возникают противоречия между окружающей средой и хозяйственной деятельностью на водных объектах.

В-пятых, с началом нынешнего столетия совпал переход тихоокеанских лососей российского происхождения в очередной период высокой численности [Макоедов, Макоедов, 2022б, в, 2023а, б; Шевляков, Островский, 2025]. В Сахалино-Курильском регионе (без учета северных Курильских островов и северо-западного побережья Сахалина, где велика доля транзитной рыбы) в 2005–2016 гг. даже в нерыбные годы уловы были не ниже 100 тыс. т, а в рыбные — не ниже 150. В 2009 г. был зафиксирован исторический для рассматриваемого промыслового района рекорд — более 300 тыс. т. Однако затем лососевые уловы стали прогрессивно снижаться. В 2018 г., когда запасы тихоокеанских лососей российского происхождения позволили добыть почти 670 тыс. т, Сахалинская область выловила около 125 тыс. т. В 2021 г. отечественные уловы составили 540 тыс. т, сахалинские — 55 тыс. т. В 2023 г. общий вылов лососей достиг почти 610 тыс. т, сахалинский — около 70 тыс. т. Фактически с началом 2020-х гг. запасы тихоокеанских лососей, воспроизводящихся (и воспроизводимых) в водных объектах Сахалино-Курильского региона, находятся на уровне, характерном для периода низкой численности. Есть основания говорить о противоречии между трендами динамики численности ло-

сосей российского происхождения в целом и лососей Сахалина и Курильских островов. Конечно, нельзя исключить, что такие различия обусловлены исторически. Однако в данном случае смена трендов произошла слишком резко и совпала с нерегулируемым увеличением объемов выпуска заводской молоди до более чем 600 млн экз.

Список можно уточнять и расширять, однако приведенных примеров достаточно, чтобы говорить о необходимости внесения корректив в работу лососевого хозяйства Сахалинской области.

Заключение

Для всего Сахалино-Курильского региона и отдельных рыбопромысловых районов отмечена взаимозависимость между количеством выпускаемой молоди и уловами кеты и горбуши. Наиболее рельефно такая зависимость проявлялась тогда, когда объемы выпуска начинали превышать определенный рубеж, который, по-видимому, оказывается предельным для конкретных районов. В таких случаях дальнейшее увеличение выпуска заводской молоди сопровождалось снижением уловов.

Уловы тихоокеанских лососей в Сахалинской области демонстрировали положительные тренды при выпуске от 500 до 600 млн экз. молоди кеты и горбуши. Более высокие объемы производства сопровождались уменьшением объемов вылова (а соответственно, и запасов).

По-видимому, искусственное разведение молоди горбуши не особо отражалось на состоянии запасов (и уловов) этого вида. Более 95 % добычи горбуши на восточном Сахалине — исторически наиболее значимом районе лососевого промысла Сахалинской области — обеспечивали рыбы, родившиеся в естественных условиях.

Для популяций кеты, воспроизводство которых приурочено к о. Итуруп, охотоморскому и юго-западному побережьям Сахалина, также отмечены взаимозависимости между количеством выпускаемой молоди и уловами. В первом районе критичным для состояния запасов кеты становится увеличение численности искусственно разводимой молоди более 100 млн экз., во втором — более 200–250, в третьем — более 70 млн экз.

Взаимозависимости между объемами искусственно разводимой кеты и ее последующими уловами, по-видимому, носят многофакторный характер. Можно предположить различные проявления плотностно-зависимого отбора, селективности рыбоводства и промысла, обострения конкуренции за кормовые ресурсы, эпизоотий из-за повышенной скученности молоди при ее залповых выпусках, снижения приспособленности заводских группировок вследствие межзаводских перевозок оплодотворенной икры и т.д. и т.п.

Деятельность лососевого хозяйства Сахалинской области требует внесения корректив, направленных на устранение противоречия между окружающей средой и хозяйственной деятельностью на водных объектах, а также между краткосрочными и долгосрочными экономическими результатами деятельности и подходами к ее планированию; рыбопромышленниками, ориентированными на эксплуатацию природных популяций и сторонниками пастбищного лососеводства; естественным воспроизводством горбуши и искусственным разведением кеты; трендами динамики численности лососей российского происхождения в целом и лососей Сахалина и Курильских островов.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают глубокую признательность рецензентам. Их конструктивные замечания в значительной мере способствовали повышению качества данной статьи.

The authors are grateful to the reviewers whose constructive comments have contributed greatly to improvement of the article.

Финансирование работы (FUNDING)

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № гр. проекта 125011200145-8.

The study was conducted within the framework of the Southern Scientific Center, Russian Ac. Sci. budgetary project No. 125011200145-8.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Авторы заявляют, что данный обзор не содержит собственных экспериментальных данных, полученных с использованием животных или с участием людей. Библиографические ссылки на все использованные в обзоре данные других авторов оформлены в соответствии с ГОСТом.

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

The authors declare that this review does not contain their own experimental data obtained using animals or involving humans. Bibliographic references to all data of other authors used in the review are formatted in accordance with the state standards (GOST).

The authors declare that they have no conflict of interest.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

Авторы в равной мере участвовали в сборе и обработке данных, обсуждении полученных результатов и написании статьи.

The authors equally participated in the data collection, processing and analyzing, the results discussing, and the text of article writing and illustrating.

Дополнительная информация (ADDITIONAL INFORMATION)

Частично информация, связанная с содержанием статьи, ранее была размещена в средствах массовой информации на порталах fishnews.ru и fishkamchatka.ru.

Some issues concerning the article content were earlier partially posted in the mass-media on the portals fishnews.ru and fishkamchatka.ru.

Список литературы

Алтухов Ю.П. Генетические последствия селективного рыболовства и рыбоводства // Вопр. рыб-ва. — 2001. — Т. 2, № 4(8). — С. 562–603.

Алтухов Ю.П. Генетические процессы в популяциях : моногр. — М. : Наука, 1983. — 279 с.

Алтухов Ю.П. Генетические процессы в популяциях : учеб. пособие. — М. : ИКЦ «Академкнига», 2003. — 431 с.

Алтухов Ю.П., Евсюков А.Н. Перепроизводство молоди рыбоводными заводами как причина деградации волжского стада русского осетра // Докл. РАН. — 2001. — Т. 380, № 2. — С. 273–275. EDN: USQDWS.

Алтухов Ю.П., Салменкова Е.А., Омельченко В.Т. Популяционная генетика лососевых рыб : моногр. — М. : Наука, 1997. — 288 с.

Антонов А.А., Буслов А.В., Брагина И.Ю. и др. Результаты мечения горбуши у юго-восточного побережья острова Сахалин в 2014 г. // Бюл. № 9 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2014. — С. 154–157.

Викторовский Р.М., Бачевская Л.Т., Ермоленко Л.Н. и др. Генетическая структура популяций кеты северо-востока СССР и проблемы рационального использования ее запасов // Биол. моря. — 1986. — № 2. — С. 51–59.

Вронский Б.Б. О повышении эффективности искусственного разведения дальневосточных лососей // Лососевидные рыбы. — Л. : Наука, 1980. — С. 175–183.

Гринберг Е.В. Сто типичных ошибок и нарушений биотехники искусственного разведения тихоокеанских лососей // Рыб. хоз-во. — 2021. — № 5. — С. 80–88. DOI: 10.37663/0131-6184-2021-5-80-88. EDN: BLNDPD.

Гриценко О.Ф., Ковтун А.А., Косткин В.К. Экология и воспроизводство кеты и горбуши : моногр. — М. : Агропромиздат, 1987. — 166 с.

Ельников А.Н., Зеленников О.В. О состоянии промыслового стада кеты *Oncorhynchus keta* и прогнозировании ее численности у острова Итуруп // Изв. ТИНРО. — 2023. — Т. 203, вып. 1. — С. 58–74. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-58-74. EDN: QPTWBF.

Ефанов В.Н., Бойко А.В. Экологические особенности и оптимизация условий искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей на современных рыбоводных заводах Сахалинской области : моногр. — Южно-Сахалинск : СахГУ, 2014. — 124 с.

Запорожец Г.В., Запорожец О.М. Лососевые рыбоводные заводы Дальнего Востока в экосистемах северной Пацифики : моногр. — Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2011. — 268 с.

Зеленников О.В., Багинский Д.В., Седунов П.А. Питание массовых видов рыб природной и заводской молодью тихоокеанских лососей на примере реки Обутонай (о. Сахалин) // Изв. ТИНРО. — 2022. — Т. 202, вып. 3. — С. 521–534. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-521-534. EDN: GHNSKS.

Зеленников О.В., Косач Е.А. Оценка эффективности заводского воспроизводства горбуши на острове Итуруп, выполненная с применением техники отолитного маркирования // Рыбохозяйственная наука. История, современность, перспективы : мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 110-летию создания «ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга». — М. : ВНИРО, 2024. — С. 263–266. EDN: TKAQFR.

Каев А.М. Значение заводского разведения горбуши и кеты для их промысла в Сахалинской области // Рыб. хоз-во. — 2010. — № 5. — С. 57–61. EDN: NBICGT.

Каев А.М., Игнатьев Ю.И. Заводское разведение лососей в Сахалинской области // Рыб. хоз-во. — 2007. — № 6. — С. 57–60. EDN: JKNBLV

Каев А.М., Игнатьев Ю.И. Развитие заводского разведения тихоокеанских лососей в Сахалино-Курильском регионе и его значение для промысла // Тр. ВНИРО. — 2015. — Т. 153. — С. 95–104. EDN: UADYKR.

Каев А.М., Ромасенко Л.В., Каев Д.А. К вопросу об эффективности крупномасштабного заводского разведения кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum, 1792) на острове Итуруп (Курильские острова) // Биол. моря. — 2021. — Т. 47, № 6. — С. 411–420. DOI: 10.31857/S0134347521060073. EDN: CBFDBY.

Канидьев А.Н. Биологические основы искусственного разведения лососевых рыб : моногр. — М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1984. — 216 с.

Кловач Н.В. Экологические последствия крупномасштабного разведения кеты : моногр. — М. : ВНИРО, 2003. — 164 с.

Колончин К.В. Об итогах лососевой путины в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне в 2024 году // Вопр. рыб-ва. — 2025. — Т. 26, № 2. — С. 7–22. DOI: 10.36038/0234-2774-2025-26-2-7-22. EDN: BITBBV.

Колпаков Н.В., Кульбачный С.Е. Наблюдения за естественным и искусственным воспроизводством кеты на островах Хонсю и Хоккайдо (Япония) // Тр. СахНИРО. — 2023. — Т. 19-1. — С. 303–328. EDN: PKZXHC.

Коцюк Д.В. Искусственное воспроизводство тихоокеанских лососей в бассейне р. Амур: история, современное состояние, перспективы // Изв. ТИНРО. — 2020. — Т. 200, вып. 3. — С. 530–550. DOI: 10.26428/1606-9919-2020-200-530-550. EDN: SCSMBP.

Куманцов М.И. Искусственное воспроизводство водных биоресурсов в 2008 году // Рыб. хоз-во. — 2008. — № 6. — С. 15–17. EDN: JXJYNL.

Леман В.Н., Смирнов Б.П., Точилина Т.Г. Пастбищное лососеводство на Дальнем Востоке: современное состояние и существующие проблемы // Тр. ВНИРО. — 2015. — Т. 153. — С. 105–120. EDN: UADYLB.

Литвиненко А.В., Попова Д.С. Эффективность работы некоторых рыбоводных заводов Сахалина по результатам массового маркирования тихоокеанских лососей // Вестн. КамчатГТУ. — 2016. — № 38. — С. 81–89. DOI: 10.17217/2079-0333-2016-38-81-89. EDN: XVMXAZ.

Лихатович Д. Лосось без рек. История кризиса тихоокеанского лосося : моногр. : пер. с англ. — Владивосток : Дальний Восток, 2004. — 376 с.

Макоедов А.А., Макоедов А.Н. Оценка рыбохозяйственного потенциала озерно-речной системы Беттобу (о. Шумшу, северные Курильские острова) : моногр. — Южно-Сахалинск : СахНИРО, 2025. — 116 с.

Макоедов А.Н. Кариология, биохимическая генетика и популяционная фенетика лососевидных рыб Сибири и Дальнего Востока : моногр. — М. : УМК «Психология», 1999. — 291 с.

Макоедов А.Н., Бачевская Л.Т., Рогатных А.Ю. и др. Влияние рыбоводных мероприятий на состояние популяций кеты рек северного побережья Охотского моря // Науч. тр. ГосНИОРХ. — 1994а. — Вып. 308. — С. 243–256. EDN: JOUQIX.

Макоедов А.Н., Бачевская Л.Т., Рогатных А.Ю. Искусственное воспроизводство и состояние популяций кеты рек северного побережья Охотского моря // Вестн. ДВО РАН. — 1994б. — № 3. — С. 64–73.

Макоедов А.Н., Коротаев Ю.А., Антонов Н.П. Азиатская кета : моногр. — Петропавловск-Камчатский : КамчатНИРО, 2009. — 356 с.

Макоедов А.Н., Макоедов А.А. Искусственное воспроизводство и состояние запасов тихоокеанских лососей // Изв. ТИНРО. — 2022а. — Т. 202, вып. 3. — С. 661–678. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-661-678. EDN: GPMPXI.

Макоедов А.Н., Макоедов А.А. Тихоокеанские лососи: состояние запасов и перспективы промысла // Изв. ТИНРО. — 2022б. — Т. 202, вып. 2. — С. 255–267. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-255-267. EDN: AEGYMV.

Макоедов А.Н., Макоедов А.А. Динамика численности тихоокеанских лососей (*Oncorhynchus*, *Salmonidae*) российского происхождения и перспективы их добычи // Вестн. КамчатГТУ. — 2022в. — № 60. — С. 84–97. DOI: 10.17217/2079-0333-2022-60-84-97. EDN: RNQMZZ.

Макоедов А.Н., Макоедов А.А. Нерка российского происхождения: на что рассчитывать рыбакам? // Изв. ТИНРО. — 2023а. — Т. 203, вып. 2. — С. 249–263. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-249-263. EDN: WFCBUX.

Макоедов А.Н., Макоедов А.А. Тихоокеанские лососи российского происхождения: на какие уловы рассчитывать? // Изв. ТИНРО. — 2023б. — Т. 203, вып. 1. — С. 46–57. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-46-57. EDN: QHAYVT.

Марковцев В.Г. Разведение тихоокеанских лососей — за и против // Бюл. № 3 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». — Владивосток : ТИНРО-центр, 2008. — С. 204–209.

Марковцев В.Г., Акулин В.Н. Анализ состояния и перспективы разведения лососей на Дальнем Востоке России // Бюл. № 9 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2014. — С. 111–120. EDN: JWWURN.

Мякишев М.С., Иванова М.А., Зеленников О.В. К вопросу о мечении молоди тихоокеанских лососей и эффективности работы рыбободных заводов // Биол. моря. — 2019. — Т. 45, № 5. — С. 342–348. DOI: 10.1134/S0134347519050085. EDN: ZGIZDL.

Радченко В.И. Состояние запасов и промысла горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* и кеты *O. keta* (*Salmonidae*, *Salmoniformes*) в районах их массового искусственного воспроизводства // Вопр. рыб-ва. — 2021. — Т. 22, № 4. — С. 140–181. DOI: 10.36038/0234-2774-2021-22-4-140-181. EDN: GHKUUN.

Рогатных А.Ю., Яковлев К.А., Бойко И.А. и др. Проблемы и перспективы рационального сочетания искусственного и естественного воспроизводства тихоокеанских лососей в Магаданской области // Науч. тр. ГосНИОРХ. — 1994. — Вып. 308. — С. 257–264. EDN: XMKYLB.

Рослый Ю.С. Эффективность и перспективы заводского воспроизводства лососей в бассейне Амура // Лососевидные рыбы. — Л. : Наука, 1984. — С. 189–191.

Рухлов Ф.Н. Масштабы и эффективность разведения тихоокеанских лососей в Сахалинской области // Лососевидные рыбы. — Л. : Наука, 1980. — С. 184–188.

Рухлов Ф.Н. Разведение тихоокеанских лососей: проблемы и резервы // Резервы лососевого хозяйства Дальнего Востока. — Владивосток : ДВО АН СССР, 1989. — С. 85–93.

Смирнов Б.П., Леман В.Н., Шульгина Е.В. Заводское воспроизводство тихоокеанских лососей в России. Современное состояние, проблемы и перспективы // Современные проблемы лососевых рыбободных заводов Дальнего Востока : мат-лы Междунар. науч.-практ. семинара. — Петропавловск-Камчатский : Камчатский печатный двор, 2006. — С. 16–26.

Стеколыщикова М.Ю. Некоторые результаты мониторинга заводских стад горбуши в зал. Анива (о. Сахалин) // Изв. ТИНРО. — 2015. — Т. 183. — С. 51–60. EDN: UXZXJJ.

Стеколыщикова М.Ю. Пространственное распределение и межгодовая изменчивость уловов горбуши искусственного происхождения в водах восточного побережья о. Сахалин в современный период // Изв. ТИНРО. — 2021. — Т. 201, вып. 2. — С. 484–504. DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-484-504. EDN: DWJRON.

Стеколыщикова М.Ю., Акинничева Е.Г. Некоторые результаты изучения возврата анивской горбуши, маркированной на ЛРЗ в 2009–2011 гг. // Бюл. № 8 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2013. — С. 134–140.

Стеколыщикова М.Ю., Акинничева Е.Г., Батюк Ю.А., Вараксин И.А. Оценка встречаемости кеты *Oncorhynchus keta* искусственного происхождения на нерестилищах рек и озер о. Итуруп // Изв. ТИНРО. — 2024. — Т. 204, № 4. — С. 935–950. DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-935-950. EDN: TLWKPZ.

Стеколыщикова М.Ю., Акинничева Е.Г., Каев А.М. Первые результаты идентификации горбуши заводского происхождения в возврате в залив Анива в 2010 г. // Бюл. № 6 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2011. — С. 103–105.

Стеколыщикова М.Ю., Барковская О.А., Батюк Ю.А. Возможности повышения эффективности искусственного воспроизводства кеты *Oncorhynchus keta* в бассейне р. Найба (о. Сахалин) // *Вопр. рыб-ва.* — 2021. — Т. 22, № 4. — С. 182–194. DOI: 10.36038/0234-2774-2021-22-4-182-194. EDN: XOFMIC.

Стеколыщикова М.Ю., Палькина О.Н., Батюк Ю.А. Вклад искусственного воспроизводства в промысел и поддержание естественных популяций горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* Восточного Сахалина в 2018 г. // *Вопр. рыб-ва.* — 2023. — Т. 24, № 4. — С. 119–135. DOI: 10.36038/0234-2774-2023-24-4-119-135. EDN: ROWAJR.

Хоревин Л.Д. Искусственное разведение тихоокеанских лососей в Сахалинской области // *Резервы лососевого хозяйства Дальнего Востока.* — Владивосток : ДВО АН СССР, 1989. — С. 94–104.

Шевляков Е.А., Островский В.И. Вековая динамика запасов и средней индивидуальной массы тихоокеанских лососей Дальнего Востока России через призму климатических циклов и трендов // *Изв. ТИНРО.* — 2025. — Т. 205, вып. 2. — С. 199–222. DOI: 10.26428/1606-9919-2025-205-199-222. EDN: BZQPIL.

Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2016. — Т. 2. — 604 с.

Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2011. — Т. 2. — 473 с.

Hiroi O. Historical trends of salmon fisheries and stock conditions in Japan // *NPAFC Bull.* — 1998. — № 1. — P. 23–27.

Kaeriyama M. Hatchery programmes and stock management of salmonid populations in Japan / eds B.R. Howell, E. Moksness, T. Svasand // *Stock enhancement and sea ranching.* — Oxford, UK : Blackwell Scientific Publications, 1999. — P. 153–167.

Kitada S. Japanese chum salmon stock enhancement: current perspective and future challenges // *Fish. Sci.* — 2014. — Vol. 80. — P. 237–249. DOI: 10.1007/s12562-013-0692-8. EDN: SRGLWP.

Morita K., Morita S.H., Fukuwaka M. Population dynamics of Japanese pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*): are recent increases explained by hatchery programs or climatic variations? // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* — 2006a. — Vol. 63, № 1. — P. 55–62.

Morita K., Saito T., Miyakoshi Y. et al. A review of Pacific salmon hatchery programmes on Hokkaido Island, Japan // *ICES J. Mar. Sci.* — 2006b. — Vol. 63, Iss. 7. — P. 1353–1363. DOI: 10.1016/j.icesjms.2006.03.024. EDN: MHNNQN.

Ohnuki T., Morita K., Tokuda H. et al. Numerical and economic contributions of wild and hatchery pink salmon to commercial catches in Japan estimated from mass otolith markings // *N. Am. J. Fish. Manage.* — 2015. — Vol. 35, № 3. — P. 598–604. DOI: 10.1080/02755947.2015.1020078.

References

Altukhov, Yu.P., Genetic consequences of selective fishing and breeding, *Vopr. Rybolov.*, 2001, vol. 2, no. 4(8), pp. 562–603.

Altukhov, Yu.P., *Geneticheskiye protsessy v populyatsiyakh* (Genetic processes in populations), Moscow: Nauka, 1983.

Altukhov, Yu.P., *Geneticheskiye protsessy v populyatsiyakh* (Genetic processes in populations), Moscow: ICC Akademkniga, 2003.

Altukhov, Yu.P. and Evsyukov, A.N., Juvenile overproduction at fish hatcheries may explain the degradation of the Volga stock of the Russian sturgeon, *Doklady Biological Sciences*, 2001, vol. 380, no. 1–6, pp. 454–456. EDN: LGKDDV

Altukhov, Yu.P., Salmenkova, E.A., and Omel'chenko, V.T., *Populyatsionnaya genetika lososevykh ryb* (Population Genetics of Salmon Fishes), Moscow: Nauka, 1997.

Antonov, A.A., Buslov, A.V., Bragina, I.Yu., Zhivoglyadov, A.A., and Sukhonos, P.S., Results of tagging pink salmon off the southeastern coast of Sakhalin Island in 2014, in *Byulleten' no. 9 izucheniya tikhookeanskikh lososei na Dal'nem Vostoke* (Bulletin No. 9 for the Study of Pacific Salmon in the Far East), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2014, pp. 154–157.

Viktorovsky, R.M., Bachevskaya, L.T., Ermolenko, L.N., Rudminaitis, E.A., Ryabova, G.D., Makodov, A.N., Shevchenko, N.G., and Gutin, L.I., Genetic population structure of chum salmon from the North-East USSR and problems of rational utilization of stocks of this fish, *Sov. J. Mar. Biol.*, 1986, no. 2, pp. 51–59.

Vronsky, B.B., On increasing the efficiency of artificial breeding of Far Eastern salmon, in *Lososevidnyye ryby* (Salmon fish), Leningrad: Nauka, 1980, pp. 175–183.

Greenberg, E.V., One hundred typical mistakes and violations of biotechnics of artificial breeding of Pacific salmon, *Rybn. Khoz.*, 2021, no. 5, pp. 80–88. doi 10.37663/0131-6184-2021-5-80-88. EDN: BLNDPD

Gritsenko, O.F., Kovtun, A.A., and Kostkin, V.K., *Ekologiya i vosпроизводство kety i gorbushi* (Ecology and Reproduction of Chum and Pink Salmon), Moscow: Agropromizdat, 1987.

Elnikov, A.N. and Zelennikov, O.V., The status of the chum salmon (*Oncorhynchus keta*) commercial stock and prediction of its size off Iturup Island, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2023, vol. 49, no. 7, pp. 597–608. doi 10.1134/s1063074023070052. EDN: EZDIWI

Efanov, V.N. and Boyko, A.V., *Ekologicheskiye osobennosti i optimizatsiya usloviy iskusstvennogo vosпроизводства tikhookeanskikh lososey na sovremennykh rybovodnykh zavodakh Sakhalinskoy oblasti* (Environmental special aspects and optimization of an artificial reproduction conditions for Pacific Salmon at the actual fish hatcheries of Sakhalin Region), Yuzhno-Sakhalinsk: Sakhalin. Gos. Univ., 2014.

Zaporozhets, G.V. and Zaporozhets, O.M., *Lososevye rybovodnye zavody Dal'nego Vostoka v ekosistemakh severnoi Patsifiki* (Salmon Hatcheries of the Far East in the Ecosystems of the North Pacific), Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress, 2011.

Zelennikov, O.V., Baginskiy, D.V., and Sedunov, P.A., Feeding of mass fish species with natural and farmed juveniles of pacific salmon on example of the Obutonai River (Sakhalin Island), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2022, vol. 202, no. 3, pp. 521–534. doi 10.26428/1606-9919-2022-202-521-534. EDN: GIHSKS

Zelennikov, O.V. and Kosach, E.A., Evaluation of the efficiency of hatchery reproduction of pink salmon on Iturup Island, carried out using the otolith marking technique, in *Rybokhozyaystvennaya nauka. Istoriya, sovremennost', perspektivy: mat-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 110-letiyu sozdaniya "GosNIORKH" im. L.S. Berga* (Fisheries science. History, modernity, prospects: materials of the Int. scientific and practical. conf., dedicated to the 110th anniversary of the creation of the "GosNIORKH" named after L.S. Berg), Moscow: VNIRO, 2024, pp. 263–266. EDN: TKAFQR

Kajev, A.M., The value of factory cultivation of pink and chum salmon for fishing in Sakhalin Region, *Rybn. Khoz.*, 2010, no. 5, pp. 57–61. EDN: NBICGT

Kaev, A.M. and Ignatiev, Yu.I., Plant growing of salmon in Sakhalin region, *Rybn. Khoz.*, 2007, no. 6, pp. 57–60. EDN: JKHLBV

Kaev, A.M. and Ignatyev, Yu.I., The progress of Pacific salmon hatchery culture in the Sakhalin-Kuril region and its importance for fishery, *Tr. Vseross. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2015, vol. 153, pp. 95–104. EDN: UADYKR

Kaev, A.M., Romasenko, L.V., and Kaev, D.A., On the issue of efficiency of large-scale hatchery rearing of chum salmon (*Oncorhynchus keta*, Walbaum, 1792) on Iturup Island, Kuril Islands, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2021, vol. 47, no. 6, pp. 470–479. doi 10.1134/S1063074021060079. EDN: CBFDBY

Kanid'ev, A.N., *Biologicheskie osnovy iskusstvennogo razvedeniya lososevykh ryb* (Biological Bases of Artificial Breeding of Salmonid Fishes), Moscow: Legkaya i Pishchevaya Promyshlennost', 1984.

Klovach, N.V., *Ekologicheskie posledstviya krupnomasshtabnogo razvedeniya kety* (Ecological Consequences of the Large-Scale Chum Salmon Farming), Moscow: VNIRO, 2003.

Kolonchin, K.V., The results of salmon fishery in the Far Eastern fishery basin in 2024, *Vopr. Rybolov.*, 2025, vol. 26, no. 2, pp. 7–22. doi 10.36038/0234-2774-2025-26-2-7-22. EDN: BITBBB

Kolpakov, N.V. and Kulbachny, S.E., Observations on natural and artificial reproduction of chum salmon *Oncorhynchus keta* at the Honshu and Hokkaido (Japan), *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2023, vol. 19, pt I, pp. 303–328. EDN: PKZXHC

Kotsyuk, D.V., Artificial reproduction of pacific salmon in the Amur River basin: history, current state, prospects, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2020, vol. 200, no. 3, pp. 530–550. doi 10.26428/1606-9919-2020-200-530-550. EDN: SCSMBP

Kumantsov, M.I., Artificial reproduction of aquatic living resources in 2008, *Rybn. Khoz.*, 2008, no. 6, pp. 15–17. EDN: JXJYNL

Leman, V.N., Smirnov, B.P., and Tochilina, T.G., Pacific Salmon Hatchery Program on Russian Far East: Current Status and Essential Problem, *Tr. Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2015, vol. 153, pp. 105–120. EDN: UADYLB

Litvinenko, A.V. and Popova, D.S., The efficiency of some hatcheries in Sakhalin according to the results of mass marking of pacific salmon, *Vestn. Kamchatskogo Gos. Tekh. Univ.*, 2016, no. 38, pp. 81–89. doi 10.17217/2079-0333-2016-38-81-89. EDN: XVMXAZ

Lichatowich, D., *Salmon without rivers. A history of the Pacific salmon crisis*, Washington: Island Press, 1999.

Makoedov, A.A. and Makoedov A.N., *Otsenka rybokhozyaystvennogo potentsiala ozerno-rechnoy sistemy Bettobu (o. Shmshu, Severnyye Kuril'skiye ostrova)* (Assessment of the fisheries

potential of the lake-river system of Bettobu (Shumshu Island, the northern Kuril Islands)), Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO, 2025.

Makoedov, A.N., *Kariologiya, biokhimicheskaya genetika i populyatsionnaya fenetika lososevidnykh ryb Sibiri i Dal'nego Vostoka* (Kariology, biochemical genetics and population phenetics of salmonids in Siberia and the Far East), Moscow: UMK «Psikhologiya», 1999.

Makoedov, A.N., Bachevskaya, L.T., Rogatnykh, A.Yu., Pustovoi, S.P., Yakovlev, K.A., Boiko, I.A., and Akinicheva, E.G., The influence of fish-cultural measures on the state of chum salmon populations in rivers of the northern coast of the Okhotsk Sea, *Nauchn. Tr. Gos. Nauchno-Issled. Inst. Ozer. Rechn. Rybn. Khoz.*, 1994, no. 308, pp. 243–256. EDN: JOUQIX

Makoedov, A.N., Bachevskaya, L.T., and Rogatnykh, A.Yu., Artificial reproduction and state of chum salmon populations of northern Okhotsk Sea coastal rivers, *Vestn. Dal'nevost. Otd. Ross. Akad. Nauk*, 1994, no. 3, pp. 64–73.

Makoedov, A.N., Korotaev, Yu.A., and Antonov, N.P., *Aziatskaya keta* (Asian Chum Salmon), Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2009.

Makoedov, A.N. and Makoedov, A.A., Artificial reproduction and status of stock for pacific salmon, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2022, vol. 202, no. 3, pp. 661–678. doi 10.26428/1606-9919-2022-202-661-678. EDN: GPMPXI

Makoedov, A.N. and Makoedov, A.A., Pacific salmon: the status of stocks and prospects for the fishery, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2022, vol. 48, no. 7, pp. 547–554. doi 10.1134/s1063074022070112. EDN: ULQCZM

Makoedov, A.N. and Makoedov, A.A., Population dynamics and catch prospects of russian pacific salmon (*Oncorhynchus*, *Salmonidae*), *Vestn. Kamchatskogo Gos. Tekh. Univ.*, 2022, no. 60, pp. 84–97. doi 10.17217/2079-0333-2022-60-84-97. EDN: RNQMZZ

Makoedov, A.N. and Makoedov, A.A., Sockeye salmon of Russian origin: what can fishermen count on?, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2023, vol. 49, no. 7, pp. 587–596. doi 10.1134/s106307402307009x. EDN: FMQYDT

Makoedov, A.N. and Makoedov, A.A., Russian pacific salmon: what catches may we expect?, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2023, vol. 49, no. 7, pp. 579–586. doi 10.1134/s1063074023070088. EDN: EXIEKG

Markovtsev, V.G., Breeding Pacific salmon — pros and cons, in *Byulleten' no. 3 realizatsii "Kontseptsii dal'nevostochnoi basseinovoï programmy izucheniya tikhookeanskikh lososei"* (Bulletin No. 3 Implementation "Concept of the Far Eastern Basin Program for the Study of Pacific Salmon"), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2008, pp. 204–209.

Markovtsev, V.G. and Akulin, V.N., Analysis of the state and prospects of salmon breeding in the Russian Far East, in *Byulleten' no. 9 izucheniya tikhookeanskikh lososei na Dal'nem Vostoke* (Bulletin No. 9 Study of Pacific Salmon in the Far East), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2014, pp. 111–120. EDN: JWWURN

Myakishev, M.S., Ivanova, M.A., and Zelennikov, O.V., Marking of salmon juveniles and the efficiency of fish farming, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2019, vol. 45, no. 5, pp. 363–369. doi 10.1134/S1063074019050080. EDN: AYNXGD

Radchenko, V.I., Pink *Oncorhynchus gorbuscha* and chum *O. keta* (*Salmonidae*, *Salmoniformes*) salmon stock and fishery conditions in places of their intensive hatchery propagation, *Vopr. Rybolov.*, 2021, vol. 22, no. 4, pp. 140–181. doi 10.36038/0234-2774-2021-22-4-140-181

Rogatnykh, A.Yu., Yakovlev, K.A., Boyko, I.A., Akinicheva, E.G., Bachevskaya, L.T., and Makoedov, A.N., Problems and prospects for the rational combination of artificial and natural reproduction of Pacific salmon in the Magadan region, *Nauchnyye trudy GosNIORKH*, 1994, vol. 308, pp. 257–264. EDN: XMKYLB

Rosly, Yu.S., Efficiency and prospects of factory reproduction of salmon in the Amur basin, in *Lososevidnye ryby* (*Salmonids*), Leningrad: Nauka, 1984, pp. 189–191.

Rukhlov, F.N., The scale and efficiency of breeding Pacific salmon in the Sakhalin region, in *Lososevidnye ryby* (*Salmon fish*), Leningrad: Nauka, 1980, pp. 184–188.

Rukhlov, F.N., Breeding Pacific salmon: problems and reserves, in *Rezervy lososevogo khozyaystva Dal'nego Vostoka* (Reserves of the salmon economy of the Far East), Vladivostok: Dal'nevost. Otd., Akad. Nauk. SSSR, 1989, pp. 85–93.

Smirnov, B.P., Leman, V.N., and Shulgina, E.V., Hatchery reproduction of Pacific salmon in Russia. Current state, problems and prospects, in *Mater. Mezhdunar. nauchno-prakt. seminar "Sovremennyye problemy lososevykh rybovodnykh zavodov Dal'nego Vostoka"* (Proc. Int. Sci. Pract. seminar "Modern problems of salmon plants of the Far East"), Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatsky Pechatny Dvor, 2006, pp. 16–26.

Stekol'shchikova, M.Yu., Some results of monitoring for the pink salmon hatchery stocks from the Aniva Bay (Sakhalin Island), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2015, vol. 183, pp. 51–60. EDN: UXZXJJ

Stekolshchikova, M.Yu., Spatial distribution and interannual variability of catches for pink salmon of artificial origin in the waters of eastern coast of Sakhalin Island in modern times, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2021, vol. 201, no. 2, pp. 484–504. doi 10.26428/1606-9919-2021-201-484-504. EDN: DWJROH

Stekolshchikova, M.Yu. and Akinicheva, E.G., Some results of the study of the return of anivskaya pink salmon marked at hatchery in 2009–2011, in *Byulleten' no. 8 izucheniya tikhookeanskikh lososei na Dal'nem Vostoke* (Bulletin No. 8 for the Study of Pacific Salmon in the Far East), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2013, pp. 134–140.

Stekolshchikova, M.Yu., Akinicheva, E.G., Batyuk, Yu.A., and Varaksin, I.A., Estimating the occurrence of chum salmon *Oncorhynchus keta* of artificial origin on the spawning grounds in rivers and lakes of Iturup island, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 204, no. 4, pp. 935–950. doi 10.26428/1606-99192024-204-935-950. EDN: TLWKPZ

Stekolshchikova, M.Yu., Akinicheva, E.G., and Kaev, A.M., First results of identification of pink salmon of hatchery origin returning to Aniva Bay in 2010, in *Byulleten' no. 6 izucheniya tikhookeanskikh lososei na Dal'nem Vostoke* (Bulletin No. 6 for the Study of Pacific Salmon in the Far East), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2011, pp. 103–105.

Stekolshchikova, M.Y., Barkovskaya, O.A., and Batyuk, Yu.A., Possibilities of increasing the of artificial reproduction of chum salmon *Oncorhynchus keta* in the Naiba River basin (Sakhalin Island), *Vopr. Rybolov.*, 2021, vol. 22, no. 4, pp. 182–194. doi 10.36038/0234-2774-2021-22-4-182-194. EDN: XOFMIC

Stekolshchikova, M.Yu., Palkina, O.N., and Batyuk, Yu.A., The contribution of artificial reproduction to the fishery and maintenance of natural populations of pink salmon *Oncorhynchus gorbusha* in Eastern Sakhalin in 2018, *Vopr. Rybolov.*, 2023, vol. 24, no. 4, pp. 119–135. doi 10.36038/0234-2774-2023-24-4-119-135. EDN: ROWAJP

Khorevin, L.D., Artificial breeding of Pacific salmon in the Sakhalin region, in *Rezervy lososevogo khozyaystva Dal'nego Vostoka* (Reserves of the salmon economy of the Far East), Vladivostok: Dal'nevost. Otd., Akad. Nauk. SSSR, 1989, pp. 94–104.

Shevlyakov, E.A. and Ostrovsky, V.I., The century-long dynamics of stocks and average body weight of pacific salmon in the Russian Far East through the prism of climate cycles and trends, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2025, vol. 51, no. 7, pp. 556–574. doi 10.1134/S1063074025700439. EDN: VFGYAO

Shuntov, V.P., *Biologiya dal'nevostochnykh morei Rossii* (Biology of the Far Eastern Seas of Russia), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2016, vol. 2.

Shuntov, V.P. and Temnykh, O.S., *Tikhookeanskije lososi v morskikh i okeanicheskikh ekosistemakh* (Pacific Salmon in Marine and Ocean Ecosystems), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2011, vol. 2.

Hiroi, O., Historical trends of salmon fisheries and stock conditions in Japan, *NPAFC Bull.*, 1998, no. 1, pp. 23–27.

Kaeriyama, M., Hatchery programmes and stock management of salmonid populations in Japan, in *Stock enhancement and sea ranching*, Howell, B.R., Moksness, E., Svasand T., eds, Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications, 1999, pp. 153–167.

Kitada, S., Japanese chum salmon stock enhancement: current perspective and future challenges, *Fish. Sci.*, 2014, vol. 80, pp. 237–249. doi 10.1007/s12562-013-0692-8. EDN: SRGLWP

Morita, K., Morita, S.H., and Fukuwaka, M., Population dynamics of Japanese pink salmon (*Oncorhynchus gorbusha*): are recent increases explained by hatchery programs or climatic variations?, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 2006, vol. 63, no. 1, pp. 55–62.

Morita, K., Saito, T., Miyakoshi, Y., Fukuwaka, M., Nagasawa, T., and Kaeriyama, M., A review of Pacific salmon hatchery programmes on Hokkaido Island, Japan, *ICES J. Mar. Sci.*, 2006, vol. 63, no. 7, pp. 1353–1363. doi 10.1016/j.icesjms.2006.03.024. EDN: MHNNQN

Ohnuki, T., Morita, K., Tokuda, H., Okamoto, Y., and Ohkuma, K., Numerical and economic contributions of wild and hatchery pink salmon to commercial catches in Japan estimated from mass otolith markings, *N. Am. J. Fish. Manage.*, 2015, vol. 35, no. 3, pp. 598–604. doi 10.1080/02755947.2015.1020078
<http://www.npafc.org>. Cited December, 2025.

<https://rutube.ru/video/private/3131a2abf334cfd8ef8d9d1f00d20256/?p=AF5hcYVuH4ZNmWZwyIacrQ>. Cited December, 2025.

Поступила в редакцию 20.01.2026 г.

После доработки 16.02.2026 г.

Принята к публикации 6.03.2026 г.

The article was submitted 20.01.2026; approved after reviewing 16.02.2026;
accepted for publication 6.03.2026

Обзорная статья

УДК 639.3.03(262.54)

DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-195-212

EDN: PAJKTA



ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ЗАПАСОВ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ АЗОВСКОГО МОРЯ

Г.Г. Матишов¹, Ю.А. Коротаев², Е.Н. Пономарева¹, А.Н. Макоедов^{1*}¹ Южный научный центр РАН,

344006, г. Ростов-на-Дону, просп. Чехова, 41;

² Росморпорт,

127030, г. Москва, ул. Суцеская, д. 19, стр. 7

Аннотация. Рассмотрены основные причины снижения запасов промысловых видов водных биоресурсов Азовского моря на современном этапе. Выполнена оценка эффективности мероприятий по восстановлению запасов водных биоресурсов моря, в том числе направленных на компенсацию негативного влияния от проведения дноуглубительных работ на акваториях морских портов. Оценены возможности восстановления биоценозов Азовского моря посредством искусственного разведения водных биоресурсов и рыбохозяйственной мелиорации водных объектов. Осуществление мероприятий по определению размера и способов компенсации вреда водным биоресурсам сталкивается с многочисленными трудностями и противоречиями, преодоление которых возможно лишь при наличии соответствующих биологических и экономических обоснований. Разработка фундаментальных основ для таких обоснований является важной научно-практической задачей.

Ключевые слова: непредотвращаемый вред водным биоресурсам, сохранение запасов, компенсационные мероприятия, искусственное воспроизводство, осетровые, полупроходные виды рыб, Азовское море, гидротехнические сооружения, морские порты

Для цитирования: Матишов Г.Г., Коротаев Ю.А., Пономарева Е.Н., Макоедов А.Н. Оценка эффективности мероприятий по восстановлению запасов водных биоресурсов Азовского моря // Изв. ТИНРО. — 2026. — Т. 206, вып. 1. — С. 195–212. DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-195-212. EDN: PAJKTA.

* Матишов Геннадий Григорьевич, доктор географических наук, профессор, академик РАН, научный руководитель, matishov_ssc-ras@ssc-ras.ru, ORCID 0000-0003-4430-5220; Коротаев Юрий Александрович, кандидат биологических наук, заместитель начальника отдела, y.korotaev@rosmorport.ru, ORCID 0009-0001-9510-988X; Пономарева Елена Николаевна, доктор биологических наук, заведующая отделом, kafavb@mail.ru, ORCID 0000-0002-6220-125X; Макоедов Анатолий Николаевич, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, tomak06@mail.ru, ORCID 0000-0002-8866-1828.

Assessment of effectiveness for the measures to restore the stocks of aquatic bioresources in the Sea of Azov

Gennady G. Matishov*, Yuri A. Korotaev**, Elena N. Ponomareva***, Anatoliy N. Makoev****

*, ***, **** Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 41, Chekhov Ave., Rostov-on-Don, 344006, Russia

** Rosmorport, 19, Bldg. 7, Sushchevskaya Str., Moscow, 127030, Russia

* D.Geogr., professor, academician of the Russian Academy of Sciences, scientific director, matishov_ssc-ras@ssc-ras.ru, ORCID 0000-0003-4430-5220

** Ph.D., deputy head of department, y.korotaev@rosmorport.ru, ORCID 0009-0001-9510-988X

*** D.Biol., head of department, kafavb@mail.ru, ORCID 0000-0002-6220-125X

**** D.Biol., principal researcher, tomak06@mail.ru, ORCID 0000-0002-8866-1828

Abstract. The main reasons for decline in the stocks of commercial species in Sea of Azov are considered for a present stage. Effectiveness for the measures of the stocks restoration is assessed, including the measures for compensating the negative impact of dredging in ports. Possibilities of restoring the biocenoses through artificial reproduction of certain species and fishery melioration are discussed. Evaluation the harm to aquatic biological resources and compensation for the damage are faced with numerous difficulties and contradictions that can only be overcome with appropriate biological and economic justifications. Development of fundamental foundations for such justifications is an important scientific and practical task.

Keywords: unavoidable harm to aquatic bioresources, conservation of stock, compensatory measure, artificial reproduction, sturgeon, semi-anadromous fish, Sea of Azov, seaport facility, seaport

For citation: Matishov G.G., Korotaev Yu.A., Ponomareva E.N., Makoev A.N. Assessment of effectiveness for the measures to restore the stocks of aquatic bioresources in the Sea of Azov, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2026, vol. 206, no. 1, pp. 195–212. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-195-212. EDN: PAJKTA.

Введение

Примеры изменения состояния запасов водных биоресурсов Азовского моря и влияния на эти запасы различных природных и антропогенных факторов (повышение температуры воздуха, уменьшение стока рек Дон и Кубань, ННН-промысел, загрязнение промышленными и сельскохозяйственными стоками) достаточно широко представлены в многочисленных публикациях [Гаргопа, 2003; Матишов и др., 2006; Дроздов, 2010, 2019; Косенко и др., 2017; Петрашов и др., 2018; Порошина и др., 2018; Балыкин и др., 2019, 2022; Бердников и др., 2019, 2023; Жукова и др., 2023; Мирзоян и др., 2023, 2024а; Дудкин и др., 2024].

Биомассу рыб Азовского моря в первой половине XX в. оценивали на уровне 1300 тыс. т. Максимальный вылов — 301 тыс. т — был зафиксирован в 1936 г. при ежегодном притоке пресной воды 41–59 км³ (в среднем около 50 км³) [Куранова, Моисеев, 1973]. В 2004–2008 гг. среднегодовой вылов составлял около 46 тыс. т: Россия — 17,2 тыс. т, Украина — 28,7 тыс. т [Балыкин, 2021; Балыкин, Савицкая, 2024], или 16 % от промысловых значений первой половины XX в. В 2025 г. в Азовском море вылов водных биоресурсов по данным Росрыболовства составил около 20 тыс. т. Снижение уловов водных биоресурсов по всему морю в 2017–2025 гг. проходило на фоне увеличения солености, обусловленного сокращением пресноводного стока и количества осадков, а также повышением среднегодовой температуры и объема поступающей воды Черного моря. Одно только зарегулирование рек Дона и Кубани снизило ежегодный приток пресной воды в Азовское море на 15 км³, или на 37 % от прежних объемов поступлений [Дроздов, 2010]. Для сохранения рыбохозяйственной значимости моря приток речных вод должен быть не менее 35–36 км³/год, в том числе весной 17–18 км³ [Гаргопа, 2003]. Если в середине XX в. избыток пресных вод составлял 17,5 км³ и стекал

через Керченский пролив в Черное море, а также в оз. Сиваш [Троицкий, 1973], то в настоящее время дефицит воды восполняется за счет более соленых вод Черного моря.

За столетие на фоне сокращения уловов более чем на порядок произошло замещение ранее традиционных объектов промысла (осетровые, судак, сазан, тарань) малоценными видами (хамса, тюлька). Рассчитывать на самовосстановление численности и биомассы ценных биоресурсов не приходится. На фоне сокращения численности полупроходных рыб в Азовском море происходит увеличение биомассы не представляющей промыслового интереса эвригалинной ихтиофауны, в частности атерины и трехиглой колюшки [Порошина, 2017]. Увеличение биомассы типичных морских видов рыб в южной части Азовского моря и в районе Керченского пролива (барабуля обыкновенная, камбала-калкан, ставрида средиземноморская) вряд ли компенсирует сокращение уловов традиционных для этого района видов рыб.

Особенно пострадали от повышения солености запасы полупроходных видов рыб — судака и тарани. Соленость воды более 6 ‰ оказывает крайне неблагоприятное воздействие на воспроизводство упомянутых видов, а более 11–13 ‰ — на взрослых производителей [Порошина и др., 2018]. В 2016–2023 гг. при общей площади Азовского моря 39 тыс. км² соленость более 13 ‰ охватывала около 90 % его акватории [Бердников и др., 2023]. Доступные для обитания тарани и судака районы Азовского моря сократились в этот период десятикратно по сравнению с предыдущим более чем 30-летним периодом, когда соленость не превышала 11 ‰. Объемы ННН-промысла судака оценивают в 200–300 т в год [Живоглядов, Лукьянов, 2018]. Аналогичные показатели для тарани в начале XXI в. кратно превышали разрешенный вылов [Жердев и др., 2020].

Увеличение солености Азовского моря привело к резкому росту биомассы питающихся планктоном сцифоидных медуз [Мирзоян и др., 2019, 2024a]. Ранее вспышка их численности и биомассы была отмечена в середине 1970-х гг. при средней солености 13,3 ‰ [Мирзоян и др., 2019]. В конце XX — начале XXI в. при солености Азовского моря около 10 ‰ присутствие медуз в море не отмечали. Цитируемые авторы одной из причин снижения уловов хамсы с 30,8 до 14,1 тыс. т в 2020–2023 гг. считают ухудшение кормовой базы из-за обилия сцифоидных медуз.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 29.12.2025 г. № 4140-р утверждена Стратегия устойчивого развития Приазовья до 2040 г. (далее — Стратегия), одним из направлений которой обозначено восстановление благоприятных экологических условий воспроизводства и обитания водных биологических ресурсов Азовского моря и его побережья.

В Стратегии указано, что разработка и последующее применение мер по увеличению запасов особо ценных видов водных биологических ресурсов, а также формирование прогноза по видовому распределению в акватории Азовского моря будут возможны после осуществления мер по увеличению стока рек бассейна моря и дальнейшего снижения уровня солености.

Для сохранения запасов проходных и полупроходных рыб, их естественного воспроизводства в Азовском море в условиях роста солености вод необходимо разрабатывать и реализовывать меры поддержки рыбохозяйственных предприятий в указанных условиях, особенно рыбоводных предприятий, в первую очередь осетровых хозяйств.

Цель предлагаемой работы: оценить эффективность проводимых в бассейне Азовского моря мероприятий по компенсации вреда водным биоресурсам и сохранению их запасов и разработать предложения по устранению существующих здесь недостатков и противоречий.

Материалы и методы

Статья подготовлена на основании компилятивных данных по гидрологии Азовского моря, биологии и состоянию запасов обитающих в нем водных биологических

ресурсов, а также по оригинальным данным о дноуглубительных работах и мероприятиях по компенсации непредотвращаемого вреда от проведения таких работ. Сведения о составе уловов водных биоресурсов, а также о мероприятиях, направленных на компенсацию вреда водным биоресурсам от иных видов хозяйственной деятельности в Азовском море, основаны на литературных источниках [Аверкиев, 1960; Куранова, Моисеев, 1973; Макоедов, 2015; Жердев и др., 2020; Уловы, запасы и искусственное воспроизводство..., 2020; Балыкин, 2021; Жердев, Лукьянов, 2021], а также на данных Федерального агентства по рыболовству и его Азово-Черноморского территориального управления) (<https://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika/>; <http://www.rostov-fishcom.ru/otdely/oorr/docs/>).

Информация по выпуску молоди осетровых видов рыб приведена в литературных источниках [Уловы, запасы и искусственное воспроизводство..., 2020; Полин, Шевченко, 2023], а также в федеральном статистическом наблюдении по форме № 5-ОС «Сведения об искусственном воспроизводстве водных биологических ресурсов». Собранные данные инвентаризированы, обработаны и оформлены в графическом виде с помощью стандартных компьютерных программ Microsoft Excel.

Расчет промыслового возврата от выпуска молоди русского осетра (0,6 %) выполнен в соответствии с приложением № 2 к Методике исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам, утвержденной приказом Минсельхоза России от 31.03.2020 г. № 167, а также средней массы производителей (15 кг), указанной в Методике расчета объема добычи (вылова) водных биологических ресурсов, необходимого для обеспечения сохранения водных биологических ресурсов и обеспечения деятельности рыбоводных хозяйств, при осуществлении рыболовства в целях аквакультуры (рыбоводства), утвержденной приказом Минсельхоза России от 30.01.2015 г. № 25.

Результаты и их обсуждение

Снижение пресноводного стока. Влияние комплекса негативных факторов, наиболее значимыми из которых являются зарегулирование стока рек и повышение солености Азовского моря, привело к утрате более чем 90 % биомассы водных биоресурсов, составлявших основу рыболовства в первой половине XX в. При дальнейшем сокращении объемов пресноводного стока к 2030 г. среднегодовая соленость может достичь примерно 15,0 ‰ с межгодовыми колебаниями в диапазоне от 14,5 до 16,5 ‰ [Мирзоян, 2024а].

Согласно Стратегии, при снижении солености воды на 0,5–0,6 ‰ экономический потенциал Азовского моря возрастет на 32 %. В качестве современной средней солености моря в Стратегии зафиксирован диапазон 14,8–14,9 ‰. При снижении средней солености до 14,2 ‰ акватория моря останется непригодной для нагула судака и тарани, за исключением небольших опресненных участков Таганрогского залива и ряда азовских лиманов. В таком случае экономическую основу рыболовства в Азовском море составят азовский калкан, пиленгас и мигрирующие из Черного моря виды рыб.

В настоящее время вред от хозяйственной деятельности, обуславливающей снижение пресноводного стока рек бассейна Азовского моря, никак не компенсируют, несмотря на наличие соответствующей нормативной правовой базы. В частности, при эксплуатации Волго-Донского канала ежегодные потери для р. Дон составляют 3 км³ пресной воды. При этом размер вреда водным биоресурсам Азовского моря не определен, и пользователь, извлекающий прибыль от проводки судов по каналу, наносимый вред не возмещает.

В соответствии с Методикой определения последствий негативного воздействия при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства, внедрении новых технологических процессов и осуществлении иной деятельности на состояние водных биологических ресурсов и среды их обитания и

разработки мероприятий по устранению последствий негативного воздействия на состояние водных биологических ресурсов и среды их обитания, направленных на восстановление их нарушенного состояния, утвержденной приказом Росрыболовства от 06.05.2020 г. № 238 (далее — Методика), потери водных биоресурсов в результате сокращения, перераспределения или утраты естественного стока рассчитываются с учетом удельной рыбопродуктивности объема водной массы, равной 0,15 кг/тыс. м³. На основании указанной Методики расчетные ежегодные потери водных биоресурсов от сокращения стока на 3 км³ составят 450 т. Следовательно, суммарные потери водных биоресурсов р. Дон и Азовского моря с начала эксплуатации Волго-Донского канала в 1952 г. составили более 32 тыс. т водных биоресурсов, что на 2 тыс. т превышает среднегодовой вылов водных биоресурсов за последнее десятилетие по всему Азовскому бассейну.

Компенсацию вреда водным биоресурсам от сокращения пресноводного стока рек Дон и Кубань на 1 км³ в соответствии с указанными в разделе Материалы и методы нормативными актами можно осуществлять путем выпуска молоди традиционных для бассейна Азовского моря объектов искусственного разведения (табл. 1).

Таблица 1

Расчет выпуска молоди водных биоресурсов для компенсации негативного воздействия, в том числе от сокращения речного стока в Азовское море

Table 1

Calculations for artificial reproduction and release of juvenile water species to compensate their losses, including the losses from reduction of the freshwater river flow into the Sea of Azov

Показатель	Русский осетр	Стерлядь	Сазан	Белый амур	Толстолобик
Навеска молоди, г	3	3	10	25	20
Коэффициент возврата, %	0,6	1	1,6	—	—
Средняя масса производителей, кг	15	1,05	3,5	4,5	5,5
Количество молоди для компенсации 1 т вреда водным биоресурсам, экз.	11111	95238	17857	8889	7273
Количество молоди для компенсации потерь от уменьшения стока на 1 км ³ , экз.	1666667	14285714	2678571	1333333	1090909

Потери пресной воды от зарегулирования Дона и Кубани составляют 15 км³ в год [Дроздов, 2010]. Соответственно, расчетные потери водных биоресурсов составляют ежегодно 2,25 тыс. т на всю акваторию Азовского моря или около 0,58 кг на один гектар. Принимая во внимание практически полное истощение запасов тарани и судака, фактические потери запасов чувствительных к уровню солености полупроходных видов рыб существенно превышают указанную величину. Приводимая в Методике величина потерь водных биоресурсов в результате сокращения естественного стока 0,15 кг/тыс. м³ установлена для всех водных объектов Российской Федерации и не отражает фактические потери водных биоресурсов от зарегулирования Дона и Кубани. Обсуждаемый показатель должен быть уточнен в ходе специализированных научных исследований.

Сбросы загрязняющих веществ. Более 1200 промышленных предприятий сбрасывают в Азовское море 18,4 млн м³ сточных вод, из них около 5,5 млн м³ без какой-либо очистки [Акселевич, Иошпа, 2016].

При этом если сбросы загрязняющих веществ не приводят к очевидной гибели водных биоресурсов, то основания для расчета нанесенного вреда отсутствуют. Средства от платежей по искам о возмещении вреда, причиненного окружающей среде, в соответствии с требованиями статьи 78.1 Федерального закона от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» следует направлять на природоохранные мероприятия. Практика использования указанных выше платежей на компенсацию вреда непосредственно водным биоресурсам, обитающим в Азовском море, отсутствует. Усиление

негативного антропогенного воздействия требует адекватного реагирования со стороны научного сообщества, государственных контролирующих органов и субъектов законодательной инициативы. Необходимо проведение специализированных научных исследований, направленных на оценку фактических потерь биомассы водных биоресурсов от антропогенного загрязнения.

Несмотря на то что хозяйствующие субъекты в соответствии с природоохранным законодательством осуществляют плату за сброс сточных вод, в том числе сверхнормативный сброс сточных вод, эти средства в дальнейшем не направляют для компенсации негативного влияния на водные биоресурсы и среду их обитания. Необходима разработка законодательных инициатив, предусматривающих направление финансовых средств, полученных за сброс сточных вод, а также по искам на возмещение вреда за загрязнение водных объектов на мероприятия по компенсации негативного воздействия на водные биоресурсы и среду их обитания.

ННН-промысел. В соответствии со статьей 53 Федерального закона «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» возмещение вреда, причиненного водным биоресурсам, в том числе и от ведения незаконного промысла, осуществляется в добровольном порядке или на основании решения суда. Размер вреда, причиненного водным биоресурсам, исчисляют в соответствии с таксами, утвержденными Правительством Российской Федерации, и соответствующими методиками, утвержденными федеральным органом исполнительной власти в области рыболовства, а при отсутствии указанных такс и методик — исходя из затрат на восстановление запасов водных биоресурсов.

Размер вреда, причиненного водным биоресурсам, устанавливают в стоимостном выражении (рубли) утраченных водных биоресурсов и необходимых затрат на восстановление их нарушенного состояния, в том числе упущенной выгоды (размера вреда от утраты потомства погибших водных биоресурсов).

По мнению ряда авторов, практика оценки ущерба водным биоресурсам показала несостоятельность самого принципа расчета вреда в стоимостном выражении, несмотря на существование нормативно закреплённого механизма компенсации вреда и различных методических разработок [Киселев, Киселева, 1983; Семенов, Дубинина, 1991; Киселев, 2009]. Денежные средства, поступающие от нарушителей природоохранного законодательства в бюджеты различных уровней, не направляют на компенсацию нанесенного водным биоресурсам вреда. Фактически возмещение вреда водным биоресурсам и среде их обитания осуществляют только при планируемой хозяйственной деятельности.

Согласно представленным на сайте Росрыболовства данным о выявленных нарушениях законодательства, только Азово-Черноморским территориальным управлением Росрыболовства, без учета деятельности Пограничной службы ФСБ России, в 2020 г. наложены штрафы на сумму 10 956 тыс. руб., в 2021 г. — 12 139,7 тыс. руб. (<https://fish.gov.ru/otkrytoe-agentstvo/otkrytye-dannye/>). При средней стоимости 1 экз. молоди русского осетра в эти годы около 35 руб. сумма штрафов эквивалентна 313029 и 346849 экз. молоди русского осетра навеской 3 г. Если бы указанные штрафы за незаконный вылов водных биоресурсов в 2020–2021 гг. были направлены только на воспроизводство русского осетра, расчетное увеличение численности его производителей могло бы составить 3959 экз., а биомассы 59385 кг. Отсутствие опубликованной статистики о суммах штрафных санкций за нарушение рыбоохранного законодательства на акватории Азовского моря, наложенных Пограничной службой ФСБ России, не позволяет оценить общий размер выплат за ННН-промысел.

Таким образом, существенным резервом увеличения объемов выпуска молоди ценных видов водных биоресурсов в Азовское море могло бы стать направление на эти цели средств, выплаченных физическими и юридическими лицами в виде штрафов за нарушения природоохранного законодательства.

Непредотвращаемое негативное влияние от планируемой хозяйственной деятельности на акватории Азовского моря при проведении ремонтных дноуглубительных работ. Естественные глубины в акваториях большинства морских портов Азовского бассейна недостаточны для обеспечения судоходства судов типа река-море с осадкой около 4 м. Для таких судов созданы подходные каналы к портам Таганрог (19,0 км длиной), Ростов-на-Дону, Азов (34,2 км), Темрюк (5,7 км) и Ейск (2,2 км). Судоходство на этих каналах возможно только при регулярном проведении дноуглубительных работ. В связи с высокой заносимостью донными отложениями ежегодно проводят ремонтные дноуглубительные работы как на акваториях морских портов, так и на подходных каналах к ним. В среднем за год в режиме ремонтных дноуглубительных работ на акватории Азовского моря извлекают и затем захоранивают на подводных отвалах более 1,3 млн м³ донного грунта (табл. 2).

Таблица 2
Компенсация вреда водным биоресурсам от проведения ремонтных дноуглубительных работ в морских портах Азовского моря в 2018–2022 гг.

Table 2
Compensation for damage to aquatic bioresources from repair dredging in the seaports in 2018–2022

Порт	Объем грунта, тыс. т		Размер вреда, кг		Выпуск молоди осетра, шт.	
	За пять лет	В среднем за год	За пять лет	В среднем за год	За пять лет	В среднем за год
Таганрог	4541,64	908,33	46796	9359	519958	103992
Ростов-на-Дону	648,71	129,74	11787	2357	130964	26193
Ейск	464,70	92,94	6222	1244	69137	13827
Темрюк	616,84	123,37	7396	1479	81835	16367
Кавказ	524,88	104,98	47825	9565	531501	106300
Всего	6796,77	1359,36	120026	24004	1333395	266679

Вред водным биоресурсам при осуществлении дноуглубительных работ наносится в первую очередь кормовой базе водных биоресурсов и только в незначительной степени непосредственно икре рыб и ихтиопланктону. Последствия выражаются в частичной или полной гибели кормовых организмов, личинок и молоди рыб.

Начиная с 2016 г. все мероприятия по компенсации негативного воздействия от планируемой хозяйственной деятельности на акватории Азовского моря осуществляют путем выпуска в реки Дон и Кубань ниже плотины Цимлянского и Краснодарского водохранилищ молоди осетровых видов рыб, преимущественно русского осетра. В этих же районах происходит выпуск молоди русского осетра для компенсации вреда водным биоресурсам от проведения работ на акватории рек Дон и Кубань, а также при реализации государственных контрактов на выполнение работ по искусственному воспроизводству водных биоресурсов (рис. 1).

Всего за период с 2018 по 2022 г. в бассейн Азовского моря выпущено более 1,3 млн экз. молоди русского осетра для компенсации вреда от извлечения и последующего захоронения около 6,8 млн м³ донного грунта (табл. 2).

Как видно на рис. 1, в последние годы количество выпускаемой молоди русского осетра в компенсационных целях сопоставимо с количеством молоди, выпускаемой за счет средств федерального бюджета. Размер вреда водным биоресурсам, нанесенный только ремонтными дноуглубительными работами, составляет в среднем 36 % от совокупного вреда от хозяйственной деятельности на акватории Азовского моря (рис. 2).

Восстановление запаса русского осетра Азовского моря производят в том числе и за счет выполнения компенсационных мероприятий, связанных с нанесением вреда водным биоресурсам на акватории рек Дон и Кубань, а также их притоков.

Фактический выпуск молоди осетра составляет около 5 млн экз. в год. Всего в 2017–2023 гг. с государственных и частных осетровых заводов в Азовское море вы-

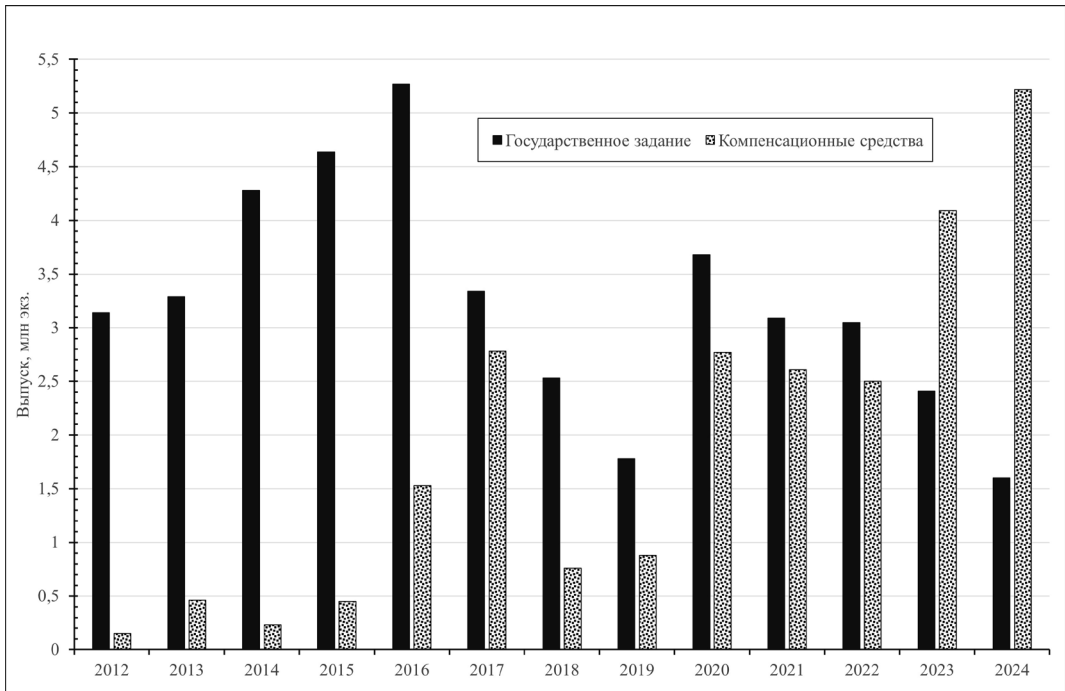


Рис. 1. Выпуск молоди русского осетра в бассейне Азовского моря
Fig. 1. Release of young russian sturgeon into the Sea of Azov basin

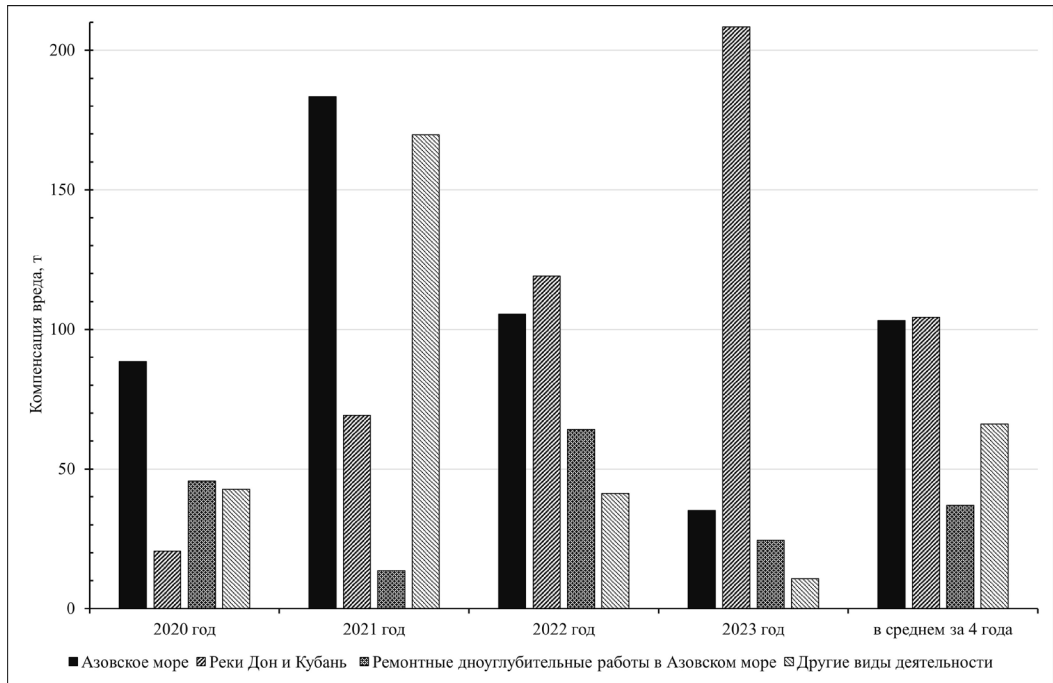


Рис. 2. Размер вреда водным биоресурсам, компенсированный выпуском молоди осетра в Азовское море
Fig. 2. The harm to aquatic bioresources compensated by release of young sturgeon into the Sea of Azov

пущено более 35 млн экз. молоди русского осетра. В соответствии с установленными приказами Минсельхоза России рыболовными нормативами указанное количество молоди в течение 10–15 лет должно обеспечить появление более 3 тыс. т производителей.

Благодаря усилению охраны водных биоресурсов и увеличению выпуска молоди биомасса русского осетра в Азовском море увеличилась в 2014–2023 гг. практически с 0 до 2 тыс. т [Полин, Шевченко, 2023; Мирзоян и др., 2024б], а в 2025 г. по данным пресс-службы Азово-Черноморского филиала ВНИРО составила 3 тыс. т.

Строительство гидротехнических сооружений на реках Дон и Кубань сделало прежние районы нереста недоступными для русского осетра, белуги и севрюги Азовского бассейна. Здешний русский осетр в настоящее время полностью утратил возможность самостоятельного воспроизводства и его молодь разводят в заводских условиях [Мирзоян и др., 2023, 2024б]. По мнению цитируемых авторов, увеличение запасов азовской популяции русского осетра в ближайшие годы позволяет рассчитывать на возобновление его промышленного лова.

Согласно Федеральному закону от 02.07.2013 № 148-ФЗ «Об аквакультуре (рыбоводстве) и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» деятельность по выпуску молоди русского осетра в Азовское море подпадает под определение пастбищной аквакультуры. Однако «Методика расчета объема подлежащих изъятию объектов аквакультуры при осуществлении пастбищной аквакультуры», утвержденная приказом Минсельхоза России от 11.06.2021 г. № 392, предусматривает пастбищную аквакультуру в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне только в отношении сазана, судака, леща, щуки и сома. Включение русского осетра в перечень объектов пастбищной аквакультуры дало бы значительный импульс росту показателей товарного выращивания водных биологических ресурсов на юге России, поскольку именно этот регион выступает одним из основных инициаторов развития аквакультуры в нашей стране [Макоедов и др., 2023].

В случае, если русский осетр станет объектом пастбищной аквакультуры, выпуск его молоди за счет средств федерального бюджета и в целях компенсации вреда водным биоресурсам от планируемой хозяйственной деятельности станет неактуальным. Следовательно, затраты федерального бюджета, а также хозяйствующих субъектов могут быть направлены на другие мероприятия, связанные с искусственным разведением и рыбохозяйственной мелиорацией.

Рыбохозяйственная мелиорация на акватории азовских лиманов. Уменьшение запасов полупроходных видов рыб связано не только с увеличением солености Азовского моря и ННН-промыслом, но и с деградацией районов их размножения и нагула молоди вследствие эвтрофикации азовских лиманов [Денисенко, 2017; Косенко и др., 2017, 2022, 2023; Бондаренко и др., 2022].

Снижение уровня эвтрофикации азовских лиманов возможно путем проведения технической (дноуглубительные работы и (или) работы по извлечению донного грунта; удаление водных растений из водного объекта; расчистка протоков, устьев и русел рек, а также водопроводящих и сбросных каналов) и биологической (вселение растительных видов рыб) рыбохозяйственной мелиорации.

Благодаря выпуску растительных видов рыб зарастаемость погруженными макрофитами на половине водоемов азовских нерестово-выростных хозяйств к концу XX в. уменьшилась с 40,0 до 0,2 т/га [Цуникова, 2000, 2006]. В 2000–2010 гг. объемы выпуска растительных рыб за счет государственного финансирования составляли в среднем 1,8 млн экз. в год. В 2011 г. было выпущено 11,9 млн экз. толстолобика и белого амура в Ахтарско-Гривенскую, Черноерковско-Сладковскую, Жестерскую, Горьковскую и Челбасскую группу лиманов. Основную долю (более 80 %) составлял толстолобик. С 2012 по 2016 г. выпуск растительных рыб в азовские лиманы носил разовый характер и не превышал 0,1 млн экз. в год [Денисенко, 2017].

В 2022 г. Росрыболовством были установлены ежегодные предельные объемы выпуска молоди белого амура и толстолобика в азовские лиманы Краснодарского края на 2023–2025 гг.: толстолобик навеской 20 г — 7,59 млн экз., белый амур навеской 25 г — 16,14 млн экз. В соответствии с размещенными на сайте Азово-Черноморского территориального управления Росрыболовства приказами по утверждению плана ис-

кусственного воспроизводства водных биологических ресурсов в 2023 г. в азовские лиманы намеревались выпустить 1,53 млн экз. молоди белого амура и 1,58 млн экз. толстолобика, или соответственно, 9,53 и 20,91 % от рекомендованного ВНИРО их количества (<http://www.rostov-fishcom.ru/otdely/11541/14810/14966/>). При современной площади азовских лиманов около 120 тыс. га [Бондаренко и др., 2022] на 1 га ежегодно выпускают в среднем менее 8 экз. молоди белого амура, которые обеспечивают возврат в количестве не более 0,2 экз. взрослых рыб. Принимая во внимание прессинг любительского рыболовства и ННН-промысла, считаем, что рыбохозяйственный эффект от выпуска молоди белого амура в азовские лиманы в настоящее время отсутствует даже в местах его массового выпуска (собственные наблюдения).

Таким образом, выпуск растительноядных видов рыб, в первую очередь амура, в азовских лиманах существенно ниже уровня, при котором может наблюдаться положительный эффект от них как мелиораторов. Увеличение выпуска растительноядных видов рыб, а также техническая мелиорация водоемов в основном должны происходить за счет компенсационных средств хозяйствующих субъектов, осуществляющих планируемую деятельность, а также штрафов и других выплат, связанных с нарушением природоохранного законодательства.

По данным Главрыбвода в 2024 г. стоимость 1 экз. молоди растительноядных рыб в Краснодарском крае составила 6,5 руб. В таком случае общие затраты на мероприятия по биомелиорации азовских лиманов путем выпуска 7,59 млн экз. молоди толстолобика и 16,14 млн экз. белого амура составят 154,245 млн руб., или 1,225 тыс. руб. на один гектар азовских лиманов.

Стоимость механической мелиорации (выкос камыша) согласно коммерческим предложениям составляет от 400 до 500 тыс. руб. за гектар (https://wetzavet.ru/pokos-trav-kamysha-kustov-gazona-po-vsemu-tsentralnomu-federalnomu-okrugu/zakazat_pokos_kamisha/). Следовательно, затраты на биологическую мелиорацию единицы площади водного объекта примерно в 300 раз меньше, чем на механическую.

Выпуск молоди растительноядных видов рыб не слишком эффективен из-за регулярно повторяющихся на азовских лиманах и других акваториях Азовского моря заморных явлений, связанных со снижением содержания кислорода и высокими температурами воды в летний период [Косенко и др., 2017, 2022, 2023]. Массовая гибель крупноразмерных экземпляров белого амура была зарегистрирована нами в сентябре 2024 г. на водоемах Бейсугского нерестово-выростного хозяйства. Для обеспечения выживания растительноядных рыб необходимо одновременное проведение мероприятий по технической мелиорации. Дноуглубительные работы приводят к удалению иловых отложений, активно потребляющих кислород и способствующих накоплению в воде биотоксикантов, в частности сероводорода, приводящего к заморам и гибели водных биоресурсов. Расчистка каналов, проток, устьев и русел рек, а также водопроводящих и сбросных каналов облегчает проход рыбы к местам нагула и зимовки. Указанные мелиоративные работы актуальны для малых рек Ростовской области, а также для рек и лиманов Краснодарского края, где из-за существенного заиления и зарастания тростником и камышом водоемы деградируют и теряют рыбохозяйственное значение [Бондаренко и др., 2021].

Учитывая высокую стоимость широкомасштабной технической мелиорации на всей акватории азовских лиманов, необходимо выбрать те районы, где ее проведение сможет дать наибольший эффект. Сохранение запасов судака и тарани на бассейне более всего зависит от работы Бейсугского нерестово-выростного хозяйства и Ейского экспериментального хозяйства по разведению и воспроизводству рыбы пойменного типа, а также Восточно-Ахтарского и Черноерковского нерестово-выростных хозяйств (далее — НВХ) лиманного типа [Горбенко и др., 2019; Хорошельцева и др., 2021; Мирзоян и др., 2023; Мирзоян, Лужняк, 2025].

При благоприятной для нагула судака и тарани солёности Азовского моря НВХ пойменного типа обеспечивали выпуск их молоди в кратно большем объеме, чем НВХ

лиманного типа. После уменьшения пресноводного стока рек Бейсуг и Ея, а также роста солености Азовского моря эффективность воспроизводства судака и тарани на НВХ пойменного типа резко снизилась. Однако на НВХ лиманного типа воспроизводство этих видов поддерживают на удовлетворительном уровне [Порошина и др., 2021; Хоршельцева и др., 2021; Мирзоян и др., 2023].

Проведение технической мелиорации на акватории кубанских НВХ позволит создать условия для выживания молоди растительноядных видов рыб. Последующее проведение биологической мелиорации даст возможность с минимальными затратами восстановить нерестовые площади судака и тарани.

Высокая соленость основной части нагульных площадей в Азовском море не позволит в ближайшее десятилетие добиться существенного увеличения биомассы полупроходных видов (судака, тарани, леща). В этом случае кубанские НВХ будут выступать в качестве резерватов для сохранения популяций судака и тарани в период высокой солености Азовского моря [Мирзоян и др., 2023]. Кроме того, белый амур и толстолобик более продуктивные и экономически рентабельные виды по сравнению с малоценными видами рыб, составляющими значительную часть биомассы ихтиофауны азовских лиманов (красноперка, густера, окунь, уклейка). Необходимо признать, что в настоящее время на азовских лиманах отсутствуют не только более-менее значимые промысловые запасы растительноядных видов рыб, но и научно обоснованные принципы их промышленного освоения. Законодательство о рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов не предусматривает их вылов в коммерческих целях на акваториях НВХ. Промышленное рыболовство в отношении видов водных биоресурсов без естественного воспроизводства неминуемо приведет к деградации и истощению их запасов. Формирование промыслового запаса растительноядных видов рыб на азовских лиманах за пределами НВХ должно осуществляться в рамках пастбищной аквакультуры. Пастбищная аквакультура растительноядных видов рыб обеспечит мультипликативный эффект — получение товарной продукции и одновременно уменьшение зарастаемости водного объекта, что приведет к увеличению воспроизводства других видов водных биоресурсов. В свою очередь организация пастбищной аквакультуры на азовских лиманах неизбежно столкнется с многочисленными нормативными правовыми и организационными сложностями. В соответствии с Методикой расчета объема подлежащих изъятию объектов аквакультуры при осуществлении пастбищной аквакультуры, утвержденной приказом Минсельхоза России от 11.06.2021 г. № 392, выпуск 1000 экз. растительноядных видов рыб навеской 21–30 г позволяет через 4 года получить право на вылов всего лишь 378 кг выросшей рыбы, что не обеспечивает экономическую рентабельность этой деятельности.

Оптимизацию рыбохозяйственной мелиорации в Азовском море желательно осуществлять по следующим направлениям.

1. Предоставление хозяйствующим субъектам, наносящим непредотвращаемый вред водным биоресурсам Азовского моря, возможности выбора компенсационных мероприятий (искусственное разведение водных биоресурсов или рыбохозяйственная мелиорация).

2. Разработка комплексной программы биологической мелиорации азовских лиманов, предусматривающей проведение научных исследований, в том числе ориентированных на задачи формирования ремонтно-маточных стад белого амура и толстолобика.

3. Разработка принципов нормативного правового регулирования пользования запасами искусственно разведенных растительноядных видов рыб, выпущенных в азовские лиманы для борьбы с зарастанием водных объектов.

Эксплуатация запасов русского осетра в режиме пастбищной аквакультуры позволиткратно увеличить объемы работ по рыбохозяйственной мелиорации азовских лиманов за счет как федерального бюджета, так и средств хозяйствующих субъектов, осуществляющих компенсационные мероприятия.

Заключение

Негативное влияние повышения солености Азовского моря не может быть компенсировано только мероприятиями по искусственному воспроизводству водных биоресурсов. В условиях сложившегося уровня солености моря увеличение выпуска молоди полупроходных видов (судака, тарани, леща) на базе нерестово-выростных хозяйств трудноосуществимо и не даст ожидаемого эффекта. Рыбохозяйственная мелиорация является более предпочтительным направлением компенсации вреда водным биоресурсам моря по сравнению с искусственным разведением. В первую очередь это касается азовских лиманов, подверженных значительным деструктивным процессам. Основным направлением рыбохозяйственной мелиорации должен стать выпуск растительноядных рыб с одновременным проведением дноуглубительных работ, направленных на улучшение гидрологического режима лиманов.

Успешное формирование индустриальной популяции русского осетра за счет средств федерального бюджета и мероприятий по компенсации вреда от планируемой хозяйственной деятельности в ближайшие годы позволит рассчитывать на заготовку его производителей непосредственно в Азовском море и существенно увеличить количество закладываемой на инкубацию икры.

Альтернативой искусственному разведению может стать пастбищная аквакультура, осуществляемая в целях получения промыслового возврата от выпуска молоди осетровых видов рыб. Вылов производителей русского осетра в Азовском море в рамках пастбищной аквакультуры требует разработки научно обоснованных рекомендаций, а также корректировки ряда нормативных правовых актов.

В связи с переходом под юрисдикцию Российской Федерации всей акватории Азовского моря можно на внутригосударственном уровне регулировать ее водный режим. Необходимо активизировать разработку проектов, направленных на увеличение притока пресной воды в море и на уменьшение поступления более соленой воды из Черного моря.

Выплата штрафов за нарушение правил рыболовства и ННН-промыслов, а также платежи за сбросы сточных вод и выплаты по искам за загрязнение водных объектов не увязаны с проведением мероприятий по компенсации нанесенного вреда водным биоресурсам. Необходима разработка законодательных инициатив, предусматривающих направление указанных финансовых средств, полученных за сброс сточных вод, на мероприятия по компенсации негативного воздействия на водные биоресурсы и среду их обитания.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают глубокую признательность рецензентам. Их конструктивные замечания в значительной мере способствовали повышению качества данной статьи.

The authors are grateful to the reviewers whose constructive comments have contributed greatly to improvement of the article.

Финансирование работы (FUNDING)

Публикация подготовлена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Соглашение № 075-15-2024-528 от 24 апреля 2024 г. о реализации крупномасштабного исследовательского проекта в рамках приоритетных направлений научно-технического развития).

The study was conducted with financial support of the Ministry of Science and Higher Education of Russia (Agreement No. 075-15-2024-528 of April 24, 2024 on implementation of a large-scale research project within priority areas of scientific and technological development).

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Авторы заявляют, что данный обзор не содержит собственных экспериментальных данных, полученных с использованием животных или с участием людей. Библиографические ссылки на все использованные в обзоре данные других авторов оформлены в соответствии с ГОСТом.

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

The authors declare that this review does not include their own experimental data obtained using animals or involving humans. Bibliographic references to all data of other authors used in the review are formatted in accordance with the state standards (GOST).

The authors declare that they have no conflict of interest.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

Г.Г. Матишов, Е.Н. Пономарева — постановка задачи исследования, обсуждение результатов. Ю.А. Коротаев — сбор и обработка материалов, написание статьи. А.Н. Макоедов — обсуждение результатов, участие в написании статьи.

G.G. Matishov and E.N. Ponomareva formulated the research problem and discussed the study results. Yu.A. Korotaev collected and processed the data and wrote and illustrated the text of article. A.N. Makoev discussed the results and contributed to the text writing.

Список литературы

Аверкиев Ф.В. Сборник статистических сведений об уловах рыб и нерыбных объектов в Азово-Черноморском бассейне за 1927–1959 гг. : Тр. АзНИИРХ. — 1960. — Т. 1, вып. 2. — 93 с.

Акселевич В.И., Иошпа А.Р. Некоторые геоэкологические опасности Азовского моря // Экология. Экономика. Информатика. Азовское море, Керченский пролив и предпроливные зоны в Черном море: проблемы управления прибрежными территориями для обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования : сборник материалов III Всероссийской конференции. — Ростов на/Д : Южный федеральный университет, 2016. — С. 14–21.

Балыкин П.А. Изменения видового состава российских уловов в Черном и Азовском морях в XXI в. // Вопр. рыб-ва. — 2021. — Т. 22(3). — С. 51–60. DOI: 10.36038/0234-2774-2021-22-3-51-60. EDN: CXQFAC.

Балыкин П.А., Куцын Д.Н., Орлов А.М. Изменение солёности и видового состава ихтиофауны в Азовском море // Океанол. — 2019. — Т. 59, № 3. — С. 396–404. DOI: 10.31857/S0030-1574593396-404. EDN: WRTSK.

Балыкин П.А., Савицкая С.С. Необходимость рыбопромыслового районирования Азовского моря // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование : мат-лы 15-й нац. (всерос.) науч.-практ. конф. — Петропавловск-Камчатский : КамчатГТУ, 2024. — С. 42–45.

Балыкин П.А., Савицкая С.С., Старцев А.В. Изменения величины и состава уловов промысловых рыб в Таганрогском заливе в XXI веке // Наука Юга России. — 2022. — Т. 18, № 1. — С. 55–61. DOI: 10.7868/S25000640220107. EDN: PMNMCR.

Бердников С.В., Дашкевич Л.В., Кулыгин В.В. Климатические условия и гидрологический режим Азовского моря в XX — начале XXI вв. // Водные биоресурсы и среда обитания. — 2019. — Т. 2, № 2. — С. 7–19. DOI: 10.47921/2619-1024_2019_2_2_7. EDN: WHVLZP.

Бердников С.В., Кулыгин В.В., Дашкевич Л.В. Причины стремительного роста солёности воды Азовского моря в XXI веке // Морской гидрофизический журнал. — 2023. — Т. 39, № 6. — С. 760–778. EDN: QPFZZT.

Бондаренко Л.Г., Кульба С.Н., Петрашов В.И. и др. Оценка зарастания водной растительностью Челбасской группы азовских лиманов // Водные биоресурсы и среда обитания. — 2021. — Т. 4, № 4. — С. 14–26. DOI: 10.47921/2619-1024_2021_4_4_14. EDN: VKWZCY.

Бондаренко Л.Г., Петрашов В.И., Смирнов С.С. и др. Оценка площади зарастания гелофитами азовских лиманов на примере водоемов Черноерковского нерестово-выростного хозяйства // Universum: химия и биология. — 2022. — № 12-1(102). — С. 5–11. DOI: 10.32743/UniChem.2022.102.12.14674. EDN: UOZMJA.

Гаргона Ю.М. Крупномасштабные изменения гидрометеорологических условий формирования биопродуктивности Азовского моря : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. — Мурманск : ММБИ. 2003. — 51 с.

Горбенко Е.В., Дахно Л.Г., Павлюк А.А., Сергеева С.Г. Состояние производителей судака и тарани и обеспеченность ими нерестово-выростных хозяйств пойменного типа Краснодарского края // Тр. АзНИИРХ. — 2019. — Т. 2. — С. 201–209. EDN: WUCJDP.

Денисенко О.С. Биологическая мелиорация азовских лиманов Краснодарского края и возможности использования средств, полученных в качестве компенсации ущерба, нанесенного водным биологическим ресурсам // Вестн. Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. — 2017. — №. 3. — С. 34–41. DOI: 10.24143/2073-5529-2017-3-34-41. EDN: ZHNVVX.

Дроздов В.В. Влияние колебаний климата на динамику экосистем Черного и Азовского морей : моногр. — СПб. : РГТМУ, 2019. — 230 с.

Дроздов В.В. Особенности многолетней динамики экосистемы Азовского моря под влиянием климатических и антропогенных факторов // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. — 2010. — № 15. — С. 155–176. EDN: NCDANX.

Дудкин С.И., Леонтьев С.Ю., Мирзоян А.В. Состояние запасов и уловов промысловых видов рыб Азовского и Черного морей за период 2000–2020 гг.: динамика и тенденции // Тр. ВНИРО. — 2024. — Т. 195(1). — С. 35–44. DOI: 10.36038/2307-3497-2024-195-35-44. EDN: IVOCZJ.

Жердев Н.А., Лукьянов С.В. Состояние азовских популяций тарани и судака в современный период // Тр. АзНИИРХ. — 2021. — Т. 3. — С. 31–41. EDN: VMMNMS.

Жердев Н.А., Пятинский М.М., Козоброд И.Д. Многолетняя динамика состояния запаса тарани по результатам моделирования CMSY с ограниченными данными (1999–2019) в Азовском море (воды России) // Рыб. хоз-во. — 2020. — № 6. — С. 88–94. DOI: 10.37663/0131-6184-2020-6-88-94. EDN: PQZGEU.

Живоглядов А.А., Лукьянов С.В. Оценка современного состояния популяции судака *Sander lucioperca* бассейна Азовского моря // Вопр. рыб-ва. — 2018. — Т. 19, № 4. — С. 405–415. EDN: YNJXAL.

Жукова С.В., Мирзоян А.В., Шишкин В.М. и др. Возможные сценарии формирования материкового стока и солёности вод Азовского моря с учетом современных и перспективных тенденций изменения климата // Водные биоресурсы и среда обитания. — 2023. — Т. 6, № 4. — С. 7–30. DOI: 10.47921/2619-1024_2023_6_4_7. EDN: WQWANX.

Киселев В.К. Этология — экономика — этономия // Рыб. хоз-во. — 2009. — № 3. — С. 18–21. EDN: KJUUCD.

Киселев В.К., Киселева Р.А. Экономика воспроизводства рыбных запасов : моногр. — М. : Лег. и пищ. пром-сть, 1983. — 192 с.

Косенко Ю.В., Барабашин Т.О., Баскакова Т.Е. Динамика гидрохимических характеристик Азовского моря в современный период осолонения // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. — 2017. — № 3-1(195-1). — С. 76–82. EDN: ZOKXLB.

Косенко Ю.В., Барабашин Т.О., Шевцова Е.А. и др. Гидрохимические критерии типизации азовских лиманов Краснодарского края в качестве воспроизводственных водоемов для полупроходных видов рыб // Водные биоресурсы и среда обитания. — 2022. — Т. 5, № 1. — С. 18–32. DOI: 10.47921/2619-1024_2022_5_1_18. EDN: DQGTUZ.

Косенко Ю.В., Баскакова Т.Е., Жукова С.В. и др. Влияние солёности воды на развитие придонной гипоксии и уровень первичного продуцирования органического вещества в Таганрогском заливе // Водные биоресурсы и среда обитания. — 2023. — Т. 6, № 1. — С. 34–47. DOI: 10.47921/2619-1024_2023_6_1_34. EDN: JIEEVJ.

Куранова И.И., Моисеев П.А. Промысловая ихтиология и сырьевая база рыбной промышленности : моногр. — М. : Пищ. пром-сть, 1973. — 152 с.

Макоедов А.Н. Научные основы рыболовства : учеб. пособие. — М. : Медиа-М, 2015. — 464 с.

Макоедов А.Н., Матишов Г.Г., Пономарева Е.Н., Бердников С.В. Аквакультура на юге России // Изв. ТИПРО. — 2023. — Т. 203, вып. 2. — С. 413–426. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-413-426. EDN: XNWNOL.

Матишов Г.Г., Гаргопа Ю.М., Бердников С.В., Дженюк С.Л. Закономерности экосистемных процессов в Азовском море : моногр. — М. : Наука, 2006. — 304 с.

Мирзоян А.В., Белоусов В.Н., Шевченко В.Н. и др. Искусственное воспроизводство полупроходных видов рыб при разных сценариях развития гидрологической обстановки в Азовском море // Водные биоресурсы и среда обитания. — 2023. — Т. 6, № 4. — С. 91–108. DOI: 10.47921/2619-1024_2023_6_4_91. EDN: JZOCLY.

Мирзоян А.В., Белоусов В.Н., Шляхов В.А. и др. Сценарный прогноз развития сырьевой базы рыболовства и уловов рыб в Азовском море в условиях сокращения объемов пресноводного стока и роста солености // Водные биоресурсы и среда обитания. — 2024а. — Т. 7, № 3. — С. 7–21. DOI: 10.47921/2619-1024_2024_7_3_7. EDN: ADRRSC.

Мирзоян А.В., Лужняк В.А., Белоусов В.Н. и др. Проходные осетровые рыбы Азовского моря в условиях природных и антропогенных трансформаций водной экосистемы // Тр. ВНИРО. — 2024б. — Т. 196. — С. 107–123. DOI: 10.36038/2307-3497-2024-196-107-123. EDN: LTKFCD.

Мирзоян А.В., Лужняк В.А. Современное состояние запасов проходных и полупроходных рыб Азовского бассейна // Тр. ВНИРО. — 2025. — Т. 199. — С. 127–141. DOI: 10.36038/2307-3497-2025-199-127-141. EDN: IEXOOA.

Мирзоян З.А., Мартынюк М.Л., Хренкин Д.В., Афанасьев Д.Ф. Развитие популяций сцифоидных медуз *Rhizostoma pulmo* и *Aurelia aurita* в Азовском море // Водные биоресурсы и среда обитания. — 2019. — Т. 2, № 2. — С. 27–35. DOI: 10.47921/2619-1024_2019_2_2_27. EDN: TYXWPZ.

Петрашов В.И., Вишневский С.Л., Рудакова Н.А. и др. Состояние промысловых запасов рыб азовских лиманов // Вопр. рыб-ва. — 2018. — Т. 19(4). — С. 451–464. EDN: YNJXBR.

Полин А.А., Шевченко В.Н. Выпуск молоди осетровых в Азово-Кубанском районе с рыбоводных заводов Федерального агентства по рыболовству в период с 2016 по 2022 г. // Водные биоресурсы и среда обитания. — 2023. — Т. 6, № 4. — С. 109–120. DOI: 10.47921/2619-1024_2023_6_4_109. EDN: KYLKBE.

Порошина Е.А. Пути сохранения оптимального рыбохозяйственного использования биологических ресурсов азовских лиманов Краснодарского края // Тр. АзНИИРХ. — 2017. — Т. 1. — С. 106–109. EDN: YCTDJT.

Порошина Е.А., Попова Т.М., Безрукавая Е.А. Влияние солености на эффективность воспроизводства судака и тарани в Курчанском лимане Темрюкского района Краснодарского края // Водные биоресурсы и среда обитания. — 2018. — Т. 1, № 3–4. — С. 91–96. DOI: 10.47921/2619-1024_2018_1_3-4_91. EDN: YSEVYL.

Порошина Е.А., Сергеева С.Г., Горбенко Е.В. и др. Результаты выращивания молоди тарани (*Rutilus rutilus*, L.) в нерестово-выростных хозяйствах Краснодарского края в 2020 г. // Тр. АзНИИРХ. — 2021. — Т. 3. — С. 130–136. EDN: TTWROX.

Семенов А.Д., Дубинина В.Г. Оценка ущерба биоресурсам водных экосистем // Рыб. хоз-во. — 1991. — № 6. — С. 11–14.

Троицкий С.К. Рассказ об азовской и донской рыбе : моногр. — Ростов н/Д : Ростиздат, 1973. — 192 с.

Уловы, запасы и искусственное воспроизводство водных биологических ресурсов, производство продукции аквакультуры в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне (2006–2015 гг.) : статист. сб. / отв. ред. В.Н. Белоусов. — Ростов н/Д : Мини-тайп, 2020. — 128 с.

Хорошельцева В.Н., Горбенко Е.В., Полуян А.Я. и др. Результаты воспроизводства молоди полупроходных рыб в пойменных нерестово-выростных хозяйствах Азово-Кубанского района в 2020 г. // Водные биоресурсы и среда обитания. — 2021. — Т. 4, № 2. — С. 40–49. DOI: 10.47921/2619-1024_2021_4_2_40. EDN: NNAPIO.

Цуникова Е.П. Водоемы Восточного Приазовья — рыбохозяйственное значение и оптимизация их использования : моногр. — Ростов н/Д : Медиаполис, 2006. — 225 с.

Цуникова Е.П. Мелиоративная роль растительоядных рыб в воспроизводственных водоемах дельты Кубани // Проблемы воспроизводства растительоядных рыб, их роль в аквакультуре : мат-лы докл. междунар. науч.-практ. конф. — Краснодар : Кубанский государственный университет, 2000. — С. 130–131.

References

Averkief, F.V., *Sbornik statisticheskikh svedeniy ob ulovakh ryb i nerybnykh ob'yektov v Azovo-Chernomorskom bassejne za 1927–1959 gg.* (Collection of Statistical Data on Fish and Non-Fish Catches in the Azov-Black Sea Basin for 1927–1959), *Tr. Azov. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz.*, 1960, vol. 1, no. 2.

Akselevich, V.I. and Ioshpa, A.R., Some geocological risk of Sea of Azov, in *Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Azovskoye more, Kerchenskiy proliv i predprolivnyye zony v Chernom more: problemy upravleniya pribrezhnymi territoriyami dlya obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti*

i ratsional'nogo prirodopol'zovaniya (Ecology. Economy. Informatics. The Sea of Azov, the Kerch Strait and pre-strait zones in the Black Sea: problems of managing coastal areas to ensure environmental safety and rational environmental management), collection of materials of the III All-Russian Conference, Rostov-on-Don: Yuzhnyy Federal'nyy Universitet, 2016, pp. 14–21.

Balykin, P.A., Changes in the species composition of Russian catches in the Black and Azov Seas in the 21st century, *Vopr. Rybolov.*, 2021, vol. 22, no. 3, pp. 51–60. doi 10.36038/0234-2774-2021-22-3-51-60. EDN: CXQFAC

Balykin, P.A., Kutsyn, D.N., and Orlov, A.M., Changes in salinity and species composition of ichthyofauna in the Sea of Azov, *Oceanology*, 2019, vol. 59, no. 3, pp. 358–466. doi 10.1134/S0001437019030020. EDN: OAYGLE

Balykin, P.A. and Savitskaya, S.S., Necessity for fishery zonation of the Sea of Azov, in *Mater. 15-y Nats. (Vseross.) nauchno-pract. konf. "Prirodnye resursy, ikh sovremennoe sostoyanie, okhrana, promyslovoe i tekhnicheskoe ispol'zovanie"* (Proc. 15th Nat. (All-Russ.) Sci.-Pract. Conf. "Natural Resources, Their Current State, Conservation, and Commercial and Technical Use"), Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatskii Gos. Tekh. Univ., 2024, pp. 42–45.

Balykin, P.A., Savitskaya, S.S., and Startsev, A.V., Changes in the size and composition of catches in the Taganrog Bay in the 21st century, *Nauka Yuga Rossii*, 2022, vol. 18, no. 1, pp. 55–61. doi 10.7868/S25000640220107. EDN: PMNMCR

Berdnikov, S.V., Dashkevich, L.V., and Kulygin, V.V., Climatic conditions and hydrological regime of the Sea of Azov in the XX — early XXI centuries, *Vodnyye bioresursy i sreda obitaniya*, 2019, vol. 2, no. 2, pp. 7–19. doi 10.47921/2619-1024_2019_2_2_7. EDN: WHVLZP

Berdnikov, S.V., Kulygin, V.V., and Dashkevich, L.V., Reasons for rapid increase of water salinity in the Sea of Azov in the 21st century, *Physical Oceanography*, 2023, vol. 30, no. 6, pp. 714–730. EDN: DRNRJU

Bondarenko L.G., Kulba S.N., Petrashov V.I., Smirnov S.S., Matveeva E.I., Rudakova N.A. Assessment of overgrowth of the Chelbas group of the Azov sea limans with aquatic vegetation, *Vodnyye bioresursy i sreda obitaniya*, 2021, vol. 4, no. 4, pp. 14–26. doi 10.47921/2619-1024_2021_4_4_14. EDN: VKWZCY

Bondarenko, L.G., Petrashov, V.I., Smirnov, S.S., Matveeva, E.I., and Mukhtarov, R.R., Determination of the area of overgrowth by helophytes Azov estuaries by example Chernookovskiy spawning and growing farm, *Universum: Chemistry and Biology*, 2022, no. 12-1(102), pp. 5–11. doi 10.32743/UniChem.2022.102.12.14674/. EDN: UOZMJA

Gargopa, Yu.M., Large-scale changes in hydrometeorological conditions for the formation of bioproductivity of the Azov Sea, *Extended Abstract of Doctoral (Geogr.) Dissertation*, Murmansk: MMBI, 2003.

Gorbenko, E.V., Dakhno, L.G., Pavlyuk, A.A., and Sergeeva, S.G., Status of zander and roach breeders and their availability on spawning and rearing fish farms of flood recession type in the Krasnodar Krai, *Tr. Azov. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz.*, 2019, vol. 2, pp. 201–209. EDN: WUCJDP

Denisenko, O.S., Biological melioration of the Azov limans of the Krasnodar Krai and the possibility of using funds obtained as compensation for the harm to the water biological resources, *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fisheries industry*, 2017, no. 3, pp. 34–41. doi 10.24143/2073-5529-2017-3-34-41. EDN: ZHMOVX

Drozdo, V.V., Impact of fluctuations of climate on dynamics of ecosystems of the Black and Azov seas, St. Petersburg: RGGMU, 2019.

Drozdo, V.V., Features of long-term dynamics of an ecosystem of sea of Azov under the influence of climatic and anthropogenic factors, *Uchenyye zapiski Rossiyskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta*, 2010, no. 15, pp. 155–176. EDN: NCDANX

Dudkin, S.I., Leontyev, S.Yu., and Mirzoyan, A.V., The state of stocks and catches of commercial fish species of the Azov and Black Seas for the period 2000–2020: dynamics and trends, *Tr. Vseros. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 195(1), pp. 35–44. doi 10.36038/2307-3497-2024-195-35-44. EDN: IVOCZJ

Zherdev, N.A. and Lukyanov, S.V., Status of the Azov Sea populations of roach and zander at the present time, *Tr. Azov. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz.*, 2021, vol. 3, pp. 31–41. EDN: VMMNMS

Zherdev, N.A., Pyatinsky, M.M., and Kozobrod, I.D., Stock assessment and long-term dynamics of Azov Sea roach (Russian waters), based on CMSY model for data-limited modelling in period (1999–2019), *Rybn. Khoz.*, 2020, no. 6, pp. 88–94. doi 10.37663/0131-6184-2020-6-88-94. EDN: PQZGEU

Zhivoglyadov, A.A. and Lukyanov, S.V., Stock assessment of the current state of the zander *Sander lucioperca* population in the Azov Sea basin, *Vopr. Rybolov.*, 2018, vol. 19, no. 4, pp. 405–415. EDN: YNJXAL

Zhukova, S.V., Mirzoyan, A.V., Shishkin, V.M., Podmareva, T.I., Lutynskaya, L.A., Taradina, E.A., Burlachko, D.S., and Karmanov, V.G., Possible scenarios for the formation of the continental runoff and the salinity of the Azov Sea, taking into account current and future trends in climate change, *Vodnyye bioresursy i sreda obitaniya*, 2023, vol. 6, no. 4, pp. 7–30. doi 10.47921/2619-1024_2023_6_4_7. EDN: WQWAHX

Kiselyov, V.K., Ethology — economics — etonomics, *Rybn. Khoz.*, 2009, no. 3, pp. 18–21. EDN: KJUUCD

Kiselyov, V.K. and Kiselyova, R.A., *Ekonomika vosproizvodstva rybnykh zapasov* (Economics of reproduction of fish stocks), Moscow: Legkaya i Pishchevaya Promyshlennost', 1983.

Kosenko, Y.V., Barabashin, T.O., and Baskakova, T.E., Dynamics of hydrochemical characteristics of the Sea of Azov in modern period of salinization, *Izv. vuzov. Severo-Kavkazskiy region. Seriya: Yestestvennyye nauki*, 2017, no. 3-1(195-1), pp. 76–82. EDN: ZOKXLB

Kosenko, Yu.V., Barabashin, T.O., Shevtsova, E.A., Poroshina, E.A., Belousov, V.N., Kartamysheva, T.B., and Glubokov, A.I., Hydrochemical criteria for typification of the Azov limans of the Krasnodar Territory as the spawning grounds for semi-anadromous fish species, *Vodnyye bioresursy i sreda obitaniya*, 2022, vol. 5, no. 1, pp. 18–32. doi 10.47921/2619-1024_2022_5_1_18. EDN: DQGTUZ

Kosenko, Y.V., Baskakova, T.E., Zhukova, S.V., Barabashin, T.O., and Piatinskii, M.M., The influence of water salinity on generation of near-bottom hypoxic phenomena and the level of primary production of organic matter in Taganrog Bay, *Vodnyye bioresursy i sreda obitaniya*, 2023, vol. 6, no. 1, pp. 34–47. doi 10.47921/2619-1024_2023_6_1_34. EDN: JIEEVJ

Kuranova, I.I. and Moiseev, P.A., *Promyslovaya ikhtiologiya i syr'yevaya baza rybnoy promyshlennosti* (Commercial Ichthyology and Raw Material Base of the Fishing Industry), Moscow: Pishchevaya Promyshlennost', 1973.

Makoedov, A.N., *Nauchnyye osnovy rybolovstva* (Scientific basis foundations of fishing), Moscow: Media-M, 2015.

Makoedov, A.N., Matishov, G.G., Ponomareva, E.N., and Berdnikov, S.V., Aquaculture in the South of Russia, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2023, vol. 203, no. 2, pp. 413–426. doi 10.26428/1606-9919-2023-203-413-426. EDN: XNWNOL

Matishov, G.G., Gargopa, Yu.M., Berdnikov, S.V., and Dzhenyuk, S.L., *Zakonomernosti ekosistemnykh protsessov v Azovskom more* (Patterns of ecosystem processes in the Sea of Azov), Moscow: Nauka, 2006.

Mirzoyan, A.V., Belousov, V.N., Shevchenko, V.N., Polin, A.A., Rybalchenko, A.D., and Poroshina, E.A., Artificial reproduction of semi-anadromous fish species under different development scenarios of hydrological situation in the Azov Sea, *Vodnyye bioresursy i sreda obitaniya*, 2023, vol. 6, no. 4, pp. 91–108. doi 10.47921/2619-1024_2023_6_4_91. EDN: JZOCLY

Mirzoyan, A.V., Belousov, V.N., Shlyakhov, V.A., Dudkin, S.I., Luzhnyak, V.A., and Nardolinskiy, V.P., Scenario forecast of the development of the fishery resources and fish catches in the Azov Sea in the context of declining freshwater runoff and increasing salinity, *Vodnyye bioresursy i sreda obitaniya*, 2024, vol. 7, no. 3, pp. 7–21. doi 10.47921/2619-1024_2024_7_3_7. EDN: ADRRSC

Mirzoyan, A.V., Luzhniak, V.A., Belousov, V.N., Piatinskii, M.M., and Nebesikhina, N.A., Anadromous sturgeon fish of the Azov Sea under conditions of natural and anthropogenic transformations of the water ecosystem, *Tr. Vseros. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 196, pp. 107–123. doi 10.36038/2307-3497-2024-196-107-123. EDN: LTKFCD

Mirzoyan, A.V. and Luzhniak, V.A., The current state of stocks of anadromous and semi-anadromous fish of the Azov basin, *Tr. Vseros. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2025, vol. 199, pp. 127–141. doi 10.36038/2307-3497-2025-199-127-141. EDN: IEXOOA

Mirzoyan, Z.A., Martynyuk, M.L., Khrenkin, D.V., and Afanasyev, D.F., Development of the scyphozoan jellyfish *Rhizostoma pulmo* and *Aurelia aurita* populations in the Azov Sea, *Vodnyye bioresursy i sreda obitaniya*, 2019, vol. 2, no. 2, pp. 27–35. doi 10.47921/2619-1024_2019_2_2_27. EDN: TYXWPZ

Petrashov, V.I., Vishnevsky, S.L., Rudakova, N.A., Denisenko, O.S., and Sinchenko, S.L., State of commercial fish stocks in Azov estuaries, *Vopr. Rybolov.*, 2018, vol. 19, no. 4, pp. 451–464. EDN: YNJXBR

Polin, A.A. and Shevchenko, V.N., Release of Juvenile Sturgeons in the Azov-Kuban Region by Sturgeon Hatcheries of the Federal Agency of Fishery in 2016–2022, *Vodnyye bioresursy i sreda obitaniya*, 2023, vol. 6, no. 4, pp. 109–120. doi 10.47921/2619-1024_2023_6_4_109. EDN: KYLKBE

Poroshina, E.A., Ways Helping to Maintain Optimal Use of Biological Resources of the Fishery Azov Limans in Krasnodar Region, *Tr. Azov. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz.*, 2017, vol. 1, pp. 106–109. EDN: YCTDJT

Poroshina, E.A., Popova, T.M., and Bezrukavaya, E.A., Effect of Salinity on the Reproduction Efficiency of Pike Perch and Roach in the Kurchansky Liman (Temryuk District, Krasnodar Krai), *Vodnyye bioresursy i sreda obitaniya*, 2018, vol. 1, no. 3–4, pp. 91–96. doi 10.47921/2619-1024_2018_1_3-4_91. EDN: YSEVYL

Poroshina, E.A., Sergeeva, S.G., Gorbenko, E.V., Khorosheltseva, V.N., and Bugaev, L.A., Results of rearing roach (*Rutilus rutilus*, L.) juveniles in the spawning and rearing farms in the Krasnodar Territory in 2020, *Tr. Azov. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz.*, 2021, vol. 3, pp. 130–136. EDN: TTWROX

Semenov, A.D. and Dubinina, V.G., Assessment of damage to bioresources of aquatic ecosystems, *Rybn. Khoz.*, 1991, no. 6, pp. 11–14.

Troitsky, S.K., *Rasskaz ob azovskoy i donskoy rybe* (A story about Azov and Don fish), Rostov-on-Don: Rostizdat, 1973.

Catches, stocks and artificial reproduction of aquatic biological resources, aquaculture production in the Azov-Black Sea fishery basin (2006–2015): Statistical digest, Belousov, V.N., responsible editor, Rostov-on-Don: Mini-tayp, 2020.

Khorosheltseva, V.N., Gorbenko, E.V., Poluyan, A.Ya., Medvedeva, A.A., and Voloshina, M.V., Reproduction Results of the Semi-Anadromous Fish Species at the Floodplain Spawning and Rearing Farms (Hatcheries) of the Azov Sea and Kuban River Region in 2020, *Vodnyye bioresursy i sreda obitaniya*, 2021, vol. 4, no. 2, pp. 40–49. doi 10.47921/2619-1024_2021_4_2_40. EDN: NNAPIO

Tsunikova, E.P., *Vodoyemy Vostochnogo Priazov'ya — rybokhozyaystvennoye znachenie i optimizatsiya ikh ispol'zovaniya* (Water bodies of the Eastern Azov region — fishery significance and optimization of their use), Rostov-on-Don: Mediapolis, 2006.

Tsunikova, E.P., Ameliorative role of herbivorous fish in breeding water bodies of the Kuban Delta, in *Mat-ly dokl. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Problemy vosproizvodstva rastitel'noyadnykh ryb, ikh rol' v akvakul'ture"* (Materials of reports international scientific and practical. conf. "Problems of reproduction of herbivorous fish, their role in aquaculture"), Krasnodar: Kubanskiy gosudarstvennyy universitet, 2000, pp. 130–131.

<https://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika/>. Cited September, 2025.

<http://www.rostov-fishcom.ru/otdely/oorr/docs/>. Cited September, 2025.

<https://fish.gov.ru/otkrytoe-agentstvo/otkrytye-dannye/>. Cited September, 2025.

<http://www.rostov-fishcom.ru/otdely/11541/14810/14966/>. Cited September, 2025.

https://wetzavet.ru/pokos-trav-kamysha-kustov-gazona-po-vsemu-tsentralnomu-federalnomu-okrugu/zakazat_pokos_kamisha/. Cited September, 2025.

Поступила в редакцию 5.11.2025 г.

После доработки 18.02.2026 г.

Принята к публикации 6.03.2026 г.

*The article was submitted 5.11.2025; approved after reviewing 18.02.2026;
accepted for publication 6.03.2026*

Научная статья

УДК 639.517

DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-213-225

EDN: QJYOVK



ОПЫТ ПРУДОВОГО ВЫРАЩИВАНИЯ АВСТРАЛИЙСКОГО КРАСНОКЛЕШНЕВОГО РАКА В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

В.С. Жарников*

Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии,
105187, г. Москва, Окружной проезд, 19

Аннотация. В летне-осенний период с 10 июня по 10 сентября 2024 г. в течение 93 сут проводились экспериментальные работы по выращиванию 40 экз. австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* в открытом пруду площадью 51,84 м², расположенном в Московской области. Перед началом эксперимента определили гидрохимические показатели (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), температуру воды в водоеме, массу тела и длину раков. За 3 мес. эксперимента длина тела беспозвоночных увеличилась в среднем на 34,40 мм — 147,62 %, а масса — на 19,59 г, 298,27 %. Среднесуточный прирост массы раков с учетом периодического (дискретного) роста в течение всего периода исследований составил 0,210 г/сут. Наиболее благоприятную температуру воды для раков в летнее время отмечали на глубине 0,5–1,0 м от поверхности воды (19–26 °С), пониженную — на глубине 1,5–2,0 м (17–23 °С). Температура воды за весь период наблюдений в слое 0–1,8 м составила в среднем 20,6 °С. В течение эксперимента темп роста беспозвоночных увеличился в 2,5–3,0 раза в сутки в сравнении с раками, находившимися в установках замкнутого водообеспечения. Полученные результаты наглядно показали, что в летнее время имеется возможность выращивать австралийского красноклешневого рака в прудах Подмоскovie на естественной кормовой базе.

Ключевые слова: австралийский красноклешневый рак, прудовая аквакультура, прирост длины и массы, выживаемость, плотность посадки, температура воды

Для цитирования: Жарников В.С. Опыт прудового выращивания австралийского красноклешневого рака в Московской области // Изв. ТИНРО. — 2026. — Т. 206, вып. 1. — С. 213–225. DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-213-225. EDN: QJYOVK.

Original article

Experience of pond cultivation of redclaw in the Moscow Region

Vyacheslav S. Zharnikov

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography,
19, Okruzhnoy Proezd Str., Moscow 105187, Russia

Ph.D., senior researcher, zharnikov@vniro.ru, ORCID 0000-0001-6420-8175

* Жарников Вячеслав Сергеевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, zharnikov@vniro.ru, ORCID 0000-0001-6420-8175.

Abstract. Experiment on growing 40 Australian red-claw crayfish *Cherax quadricarinatus* was conducted in the open pond with the area of 51.84 m² and depth of 1.8 m located in the Moscow Region during 93 days from June 10 to September 10, 2024. Water temperature and DIN concentration (NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻) were monitored in the pond. The highest temperature (most favorable for redclaw) was observed at the depth of 0.5–1.0 m (19–26 °C), the temperature at the depth of 1.5–2.0 m was lower (17–23 °C); the average temperature in the whole 0–1.8 m layer was 20.6 °C. The body length and weight of red-claw were measured. These parameters had increased in 3 months on average by 34.40 mm (148 %) and 19.59 g (298 %), respectively. The average daily weight gain throughout the entire period was evaluated as 0.210 g/day. The growth rate of redclaw in the experimental open pond was in 2.5–3.0 times higher than the growth of the same species in recirculating aquaculture systems. The results obtained demonstrate clearly possibility for cultivation of redclaw in ponds of the Moscow Region using their natural food resources.

Keywords: redclaw, pond aquaculture, length gain, weight gain, survival, stocking density, water temperature

For citation: Zharnikov V.S. Experience of pond cultivation of redclaw in the Moscow Region, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2026, vol. 206, no. 1, pp. 213–225. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-213-225. EDN: QJYOBK.

Введение

Австралийского красноклешневого рака *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) впервые начали выращивать в Австралии в 1980-х гг., и уже в конце десятилетия этот вид благодаря своей высокой скорости роста превзошел другие виды раков по популярности и был признан Австралийским бюро экономики сельского хозяйства и ресурсов одним из самых перспективных объектов аквакультуры [Treadwell et al., 1991; Борисов и др., 2024а]. Объем выращивания этого вида в 2020 г. составил 226,5 т*. Австралийский красноклешневый рак имеет свои конкурентные преимущества в сравнении с нативными (аборигенными) евразийскими видами и вызывает интерес у аквакультурных хозяйств как в России, так и по всему миру.

Основные преимущества австралийского красноклешневого рака.

— *Быстрый рост.* Красноклешневый рак растет значительно быстрее большинства местных видов. Особи этого вида достигают массы 60–120 г за один вегетационный период (5–6 мес.), тогда как продолжительность выращивания евразийских видов раков (длинно- и широкопалого) до товарного размера составляет 2–4 года.

— *Высокая плотность посадки.* В сравнении с другими видами раков (евразийскими и американскими) красноклешневый рак при интенсивной аквакультуре может содержаться с высокой плотностью посадки, что позволяет увеличить продуктивность с единицы площади.

— *Всеядность.* Красноклешневый рак неприхотлив в пище, может питаться как готовыми кормами для раков, так и растительной пищей, водорослями, детритом и бентосом. Это снижает затраты на корм.

— *Устойчивость к болезням.* Красноклешневый рак обладает относительно высокой устойчивостью к болезням, что снижает риски потерь в процессе выращивания.

— *Качество воды.* Красноклешневый рак не требователен к качеству воды в сравнении с другими видами. Евразийские раки не выносят цветение и загрязнение воды различным мусором [Борисов и др., 2014]. Красноклешневый рак легко переносит пребывание в водоеме с высокой мутностью и слабым течением, а также в стоячих и заболоченных участках.

— *Агрессивность.* Красноклешневый рак может достигать достаточно крупных размеров и является менее агрессивным в сравнении с представителями североамериканских видов [Medley et al., 1993]. Проявление умеренной агрессии у красноклешневого рака отмечали в тропической зоне Австралии, где ярко выражены сезоны дождей

* Мировое производство аквакультуры в 2016–2020 гг. М.: ВНИРО, 2022. 252 с.

и засухи. В эти периоды происходило увеличение плотности раков в водоемах во время засухи, а с наступлением сезона дождей они рассеивались и мигрировали в затопленные участки. В этих условиях снижалась агрессивность, происходила адаптация вида для выживания и сохранения популяции.

— *Адаптируемость.* Красноклешневый рак хорошо адаптируется к различным условиям, что позволяет выращивать его как в закрытых системах (бассейнах, аквариумах), так и в открытых водоемах (прудах). Однако, по мнению Джонса и Грейди [Jones, Grady, 2000], молодь красноклешневого рака предпочтительнее выращивать в интервале температур 23–31 °С. В связи с этим в областях России с умеренным климатом возможно выращивать молодь в установках замкнутого обеспечения (УЗВ) и дорастивать их до товарного размера в прудах на естественной кормовой базе в летнее время, где температура воды устанавливается выше 20 °С.

— *Расчетный выход мяса.* По данным Р.Р. Борисова с соавторами [2024б] выход мяса у красноклешневого рака составляет 31,9 % — у самцов и 32,8 % — у самок. Это в полтора раза выше, чем у длиннопалого рака [Александрова, 2013, 2014].

Благодаря своим биологическим преимуществам в сравнении с долгорастущими аборигенными (евразийскими) видами речных раков многими исследователями [Пат. № 2525334; Пятикопова и др., 2023] проводятся работы по изучению и культивированию красноклешневого рака. Однако существенной проблемой, препятствующей развитию товарной аквакультуры тропических или субтропических видов ракообразных в России, является их неспособность акклиматизироваться в умеренном климатическом поясе. Климатические условия наших водоемов не обеспечивают ракам возможности пройти все стадии развития, от яиц до половозрелости за 3–4 летне-осенних месяца [Шокашева, 2017].

В настоящее время аквакультурой красноклешневого рака в России успешно стали заниматься в южных регионах страны с относительно теплым и продолжительным летним периодом, в частности в Краснодарском и Ставропольском краях, Ростовской и Волгоградской областях, Республике Крым, где появились единичные опытно-промышленные хозяйства с небольшим объемом производства — до 1 т раков в год [Борисов и др., 2024а]. В начале лета в 2024 г. был проведен эксперимент по выращиванию австралийского красноклешневого рака в пруду Подмосковья.

Цель работы — оценить эффективность прудового выращивания австралийского красноклешневого рака в теплое время года для возможного развития аквакультуры в Московской области.

Материалы и методы

Получение посадочного материала *C. quadricarinatus* провели в аквариальной отдела аквакультуры беспозвоночных ВНИРО. Молодь раков перед высадкой в пруд содержали в емкостях объемом 200 л при температуре 24–29 °С. Для очистки воды от продуктов азотистого обмена применяли внешние фильтры Eheim 2215 и 2260 (Германия). Контроль гидрохимических показателей: содержание растворенного кислорода осуществляли мультиметром WTW Multi 3630, аммонийного азота (NH_4^+) — методикой Сэджи-Солорзано, нитритов (NO_2^-) — методикой Бендшнайдера и Робинсона, нитратов (NO_3^-) — методом определения, основанным на восстановлении нитратов до нитритов на кадмиевой колонке, уровень pH — мультиметром WTW Multi 3620. Необходимую температуру поддерживали водонагревателями.

Отлов раков в конце периода выращивания (8–10 сентября 2024 г.) осуществляли в вечернее время, когда повышается их активность и они охотно выползают из убежищ для поиска пищи. Вылов раков проводили в течение 3 дней, в первый день поймали 16 экз., во второй — 9 экз., а в третий — 3 экз. (всего 28 раков). Собранный материал статистически обработан с помощью программ Excel и Statistica 10.0. Для оценки достоверных различий длины и массы раков в начале и в конце экспериментов использовали критерий Стьюдента. В тексте указано стандартное отклонение.

Результаты и их обсуждение

Описание эксперимента. В теплое время года в течение 93 сут с 10 июня по 10 сентября 2024 г. экспериментальные работы по выращиванию 40 экз. красноклещевого рака массой тела от 5,3 до 16,9 г (в среднем $9,88 \pm 3,91$ г) проводили в открытом пруду овальной формы (11×6 м), площадью 51,84 м², расположенном в Московской области. Перед выпуском раков провели очистку пруда от посторонних предметов (веток, досок, бутылок и т.д.), а также удалили прошлогоднюю водную растительность. Зарастание ложа пруда в период нахождения раков почти не происходило, исключение составляло появление ряски в начале сентября перед отловом раков. Для регистрации температуры воды в пруду использовали термохроны (логгеры) Temp U02 и DS1921G-F5. Максимальная глубина пруда в начале лета составила 2 м. Искусственные укрытия в пруду не использовали. Вода в пруду подпитывалась дождевой водой, и ее уровень менялся в зависимости от наличия осадков. Из-за аномально теплой погоды и малого количества осадков в конце лета 2024 г. уровень воды в пруду снизился на 1,6 м (до 40–50 см), что позволило вести отлов раков без откачки воды (рис. 1). Гидрохимические показатели (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-) в период выращивания раков в пруду соответствовали нормативам*.



Рис. 1. Подготовка пруда для выращивания раков (А, по краям мусор, извлеченный из пруда в июне 2024 г.), пруд с остаточной водой после засушливого лета в начале сентября перед отловом раков (Б)

Fig. 1. Preparation of a pond for cultivation of crayfish in June 2024, removed debris is visible outside the pond (А); the pond before the crayfish harvesting in early September 2024 (Б)

По данным О.В. Пятикоповой с соавторами [2024], выращивать австралийского красноклещевого рака можно при температуре не менее 20 °С. Однако наиболее благоприятной температурой для прудовой аквакультуры является 23–31 °С [Борисов и др., 2024б]. На основании архивных данных продолжительность периода, когда среднесуточная температура в Москве и ближнем Подмоскowie с 10 июня по 10 сентября превышала 20 °С, составляла в 2024 г. 43 сут**.

В момент выпуска раков в пруд среднесуточная температура воды на поверхности пруда достигла 19 °С. Для снижения температурного стресса раков при пересадке в пруд провели их акклиматизацию путем постепенного понижения температуры с 24–29 до 18–20 °С. Аквариумную воду с раками перенесли в контейнер с аэрацией (24–29 °С), но при транспортировке в вечернее время температура постепенно снизилась до 18–20 °С, что соответствовало естественной температуре в пруду в ночное время.

* Приказ Федерального агентства по рыболовству от 26 мая 2025 г. № 296 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/412008824>.

** Архив погоды в Москве (ВДНХ). URL: [https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Москве_\(ВДНХ\)](https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Москве_(ВДНХ)).

Перед выпуском раков в пруд измерили их длину от конца рострума до конца тельсона без учета щетинок с точностью до 0,1 см, определили массу тела на электронных весах Superior mini digital i 2000 с точностью до 0,01 г и провели измерение основных гидрохимических показателей: содержание кислорода, активной реакции среды (pH), аммонийного азота, нитритов и нитратов. За технологические нормы состояния среды условно приняты обобщенные химические показатели воды хозяйств по выращиванию речных раков [Борисов и др., 2011], нормативы качества и ПДК*.

Раков выращивали в пруду с уже сформировавшейся естественной кормовой базой без дополнительного кормления. Их пищевые потребности в прудах не ограничиваются представителями зоопланктона и зообентоса и могут включать детрит и макрофиты, часто составляющие 70 % потребленной пищи [Воробьева и др., 2024]. Концентрации аммонийного азота и нитритов в исследуемом пруду не выходили за верхнюю границу предельно допустимых значений. Высшая водная растительность была удалена перед выпуском раков в пруд, так как она снижает продуктивность пруда [Пятикопова и др., 2024].

Плотность посадки и выживаемость раков. На момент выпуска молоди в пруд плотность посадки составила 0,77 экз./м². По рекомендациям Р.Р. Борисова с соавторами [2024а] плотность посадки раков массой от 5 г и более должна составлять при экстенсивном выращивании не более 3 экз./м². В экспериментальном пруду плотность их посадки была в четыре раза меньше рекомендуемой. Однако из-за жаркой погоды и отсутствия осадков площадь пруда в августе-сентябре сократилась с 51,84 (11 × 6 м) до 25,13 м² (8 × 4 м), а из 40 особей, выпущенных в пруд, выловлено всего 28 экз. (средней массой тела 29,47 ± 5,81 г). Таким образом, плотность раков в конце эксперимента возросла с 0,77 до 1,11 экз./м², а фактический выход составил 70 %. Данные о выживаемости красноклешневого рака при выращивании в прудовых хозяйствах, полученные другими авторами, варьируют от 53,5 до 83,9 % (табл. 1).

Вероятно, колебания температуры воды в процессе эксперимента несущественно отразились на выживаемости раков в пруду. По данным Н.К. Юдина с соавторами [2024], на выживаемость особей красноклешневого рака в летнее время не влияют климатические особенности Московской области. Известно, что австралийский красноклешневый рак является тропическим видом и не выдерживает длительного пребывания при температуре ниже 10 °C [King, 1994; Semple et al., 1995]. Установлено, что красноклешневый рак может выдерживать в течение некоторого времени и более низкие температуры, но не сможет перезимовать в условиях Европы [Veselý et al., 2015]. При температуре воды 11–12 °C раки полностью отказывались от пищи, а при 14–15 °C отмечены случаи питания, но интенсивность была низкой, также во всех случаях линька особей в это время заканчивалась гибелью. При температуре воды 17–20 °C особи питались активнее, однако интенсивность питания и интерес к кормовым объектам были значительно ниже, чем при 23–25 °C [Борисов и др., 2024б]. Низкие температуры воды блокируют репродуктивные функции. Проблемы с развитием яиц наблюдали уже при 21–22 °C [Curtis, Jones, 1995], а для спаривания нужна температура воды выше 23 °C [Lawrence, Jones, 2002].

Прирост длины и массы. За 3 мес. эксперимента средняя длина раков в пруду достоверно увеличилась ($p < 0,0001$) с 72,23 ± 9,17 до 106,63 ± 16,61 мм. Прирост длины составил 34,4 мм (147,62 %). Средняя масса тела достоверно увеличилась ($p < 0,0001$) с 9,88 ± 3,91 до 29,47 ± 5,81 г, прирост составил 19,59 г (298,27 %) (табл. 2).

По данным Джонса и Грейди [Jones, Grady, 2000] минимальная масса красноклешневого товарного рака находится в диапазоне от 30 до 50 г (в среднем 40 г). По нашим данным только 28,5 % раков превысили массу 40 г при длине более 113,3 мм. Максимальные значения массы тела и длины раков составили 47,6 г и 123,8 мм, минимальные — 16,8 г и 86,4 мм (рис. 2).

* Приказ Федерального агентства по рыболовству от 26 мая 2025 г. № 296...

Результаты выращивания красноклешневого рака в прудах

Таблица 1

Table 1

Results of redclaw rearing in the pond								
Длительность выращ., сут	Начальная масса, г	Конечная масса, г	Абсол. прирост массы, г/среднесут. прирост массы, г/сут	Плотность по- садки, экз./м²	Факти- ческий выход раков, %	Удель. скорость роста массы, % сут	Коэф. массо- накоп- ления	Источник данных
93	9,88 ± 3,91	29,47 ± 5,81	19,59/0,210	0,77	70,0	1,175	0,0304	Наши данные
90	8,00 ± 3,30	72,40 ± 22,60	64,40/0,715	0,15	82,7	2,447	0,0722	О.В. Пятикопова с соавторами [2024]
89	1,76 ± 1,22	71,14 ± 25,66	69,38/0,779	0,20	78,7	4,156	0,0989	О.В. Пятикопова с соавторами [2023]
158	3,20	67,00 ± 0,10	63,80/0,403	1,00	71,0	1,925	0,0491	Pinto, Rouse [1996]
97	0,40 ± 0,01	40,00 ± 10,3	39,60/0,408	0,67	50,7	4,747	0,0829	Д.И. Шокашева [2017]
117	4,60 ± 2,20	79,83 ± 5,02	75,23/0,642	2,50	61,1	2,439	0,0677	Thompson с соавторами [2004]
62	5,10 ± 3,14	32,51 ± 14,41	27,41/0,442	5,00	68,4	2,987	0,0711	О.В. Пятикопова с соавторами [2023]
75	1,00–3,00	29,20	27,2/0,362	–	53,5	3,574	0,0727	Н.К. Юдин с соавторами [2024]

Изменение длины, массы тела и выживаемость австралийского красноклешневого рака
в ходе эксперимента в пруду Московской области

Таблица 2

Table 2

Dynamics of body length, weight, and survival for redclaw in the experiment		
Показатель	Начало эксперимента	Конец эксперимента
Количество особей, экз.	40	28
Средняя длина особей, мм	72,23 ± 9,17	106,63 ± 16,61
Диапазон длины особей, мм	57,7–86,7	86,4–126,8
Длина Cv, %	12,67	15,68
Средняя масса особей, г	9,88 ± 3,91	29,47 ± 5,81
Диапазон массы особей, г	5,3–16,9	16,6–47,6
Масса Cv, %	39,67	19,43
Фактический выход раков за весь срок эксперимента, %	–	70,0

По визуальным наблюдениям в начале лета в течение месяца (с 10 июня по 10 июля) раки обитали на глубине до 1 м от поверхности воды, где вода постепенно прогрелась до 25,8 °С. В это время на глубине более 1,0 м от поверхности вода прогрелась всего лишь до 20,3 °С (рис. 3). Такая температура воды является недостаточно комфортной для красноклешневых раков, поэтому животные держались в более прогретых

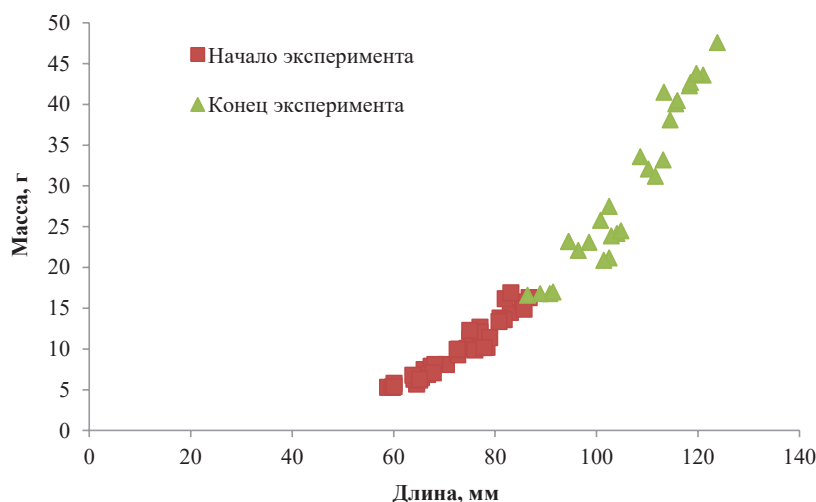


Рис. 2. Динамика размерно-массовых характеристик австралийского красноклешневого рака, выращиваемого в пруду Подмосковья

Fig. 2. Dynamics of size and weight for redclaw in the experiment

слоях воды (на глубине не более 1 м). В июле стояла жаркая погода, температура воды была в пределах от 19,0 до 25,8 °С при минимальном количестве осадков, и, как следствие этого, уровень воды в пруду начал снижаться с 1,8 м в июле до 1,0 м в августе. Средняя температура воды в конце августа уменьшилась с 23,3 до 20,1 °С. В начале сентября уровень воды продолжил снижение до 0,4–0,5 м, а температура воды к этому времени уменьшилась от 22,6 до 16,8 °С. По мнению многих авторов [Jones, Grady, 2000; Борисов и др., 2024а], оптимальная температура для выращивания красноклешневого рака в прудовой аквакультуре составляет 23–31 °С. По нашим данным в период эксперимента 2024 г. температура воды в пределах оптимума (23–31 °С) отмечалась в основном в верхних слоях пруда до глубины 1 м в течение 28 сут (рис. 3).

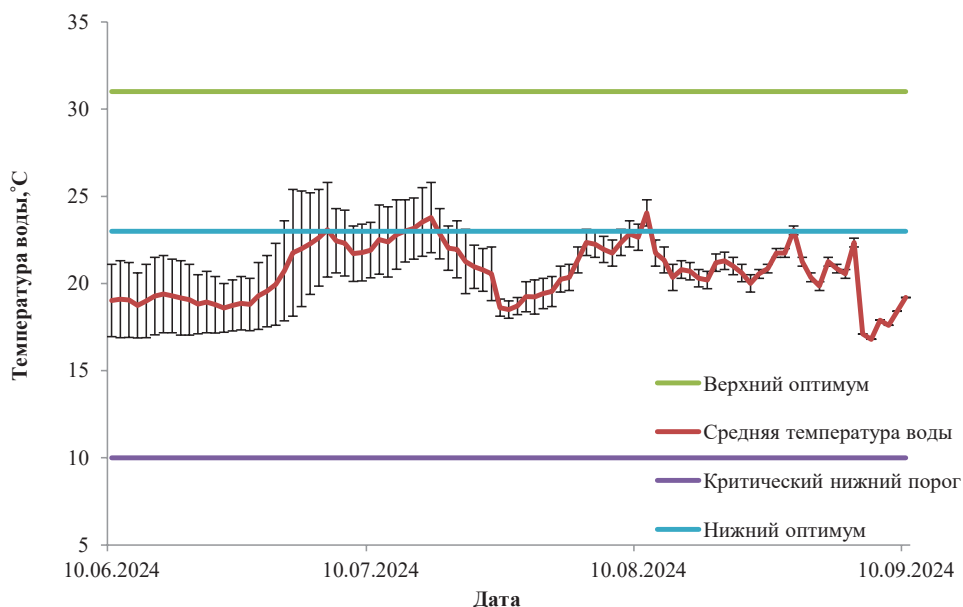


Рис. 3. Динамика средней температуры воды в пруду в период проведения эксперимента. Интервалы показывают амплитуду температуры воды в пруду на разных глубинах

Fig. 3. Dynamics of water temperature in the pond during the experiment (average value and range by depth are shown)

В пруду, расположенном в Московской области, из-за низкой температуры воды удельная скорость роста массы в сутки (%) и коэффициент массонакопления у раков в 2–4 раза ниже, чем в прудовых хозяйствах Астраханской области и Австралии. Так, среднесуточный прирост массы тела красноклешневого рака в пруду Подмосковья составил 0,210 г/сут, а в прудах Астраханской области варьировал от 0,408 до 0,779 г/сут (см. табл. 1) [Шокашева, 2017; Пятикопова и др., 2023, 2024]. Среднесуточный прирост массы раков в водоеме Московской области был в 2–4 раза меньше, чем в прудовых хозяйствах Астраханской области, но выше в 2,5 раза, чем в УЗВ, где температура воды постоянно поддерживается выше 23 °С. Однако в некоторых случаях при выращивании мелкой молоди в УЗВ удельная скорость роста массы в сутки (%) и коэффициент массонакопления были почти сопоставимы с показателями прудовой аквакультуры (табл. 3).

Таблица 3

Результаты выращивания красноклешневого рака в УЗВ

Table 3

Results of redclaw rearing in a recirculating aquaculture system

Длительность выращ., сут	Начальная масса, г	Конечная масса, г	Абсол. прирост массы, г/среднесут. прирост массы, г/сут	Плотность по- садки, экз./м ²	Выжи- вае- мость, %	Удель. скорость роста массы, % сут	Коеф. массо- накоп- ления	Источник данных
140	8,50 ± 1,71	12,68 ± 2,55	4,18/0,029	75,0	26,7	0,285	0,0062	В.С. Жарников с соавторами [2025]
58	0,57 ± 0,06	5,87 ± 0,80	5,30/0,091	44,4	55,0	4,020	0,0504	В.А. Арыстангалиева [2017]
90	6,35 ± 0,78	14,13 ± 1,50	7,78/0,086	76,0	53,9	0,888	0,0188	Б.М. Анкешева с соавторами [2021]
40	0,31 ± 0,06	2,64 ± 0,84	2,33/0,058	44,0	90,0	5,354	0,0528	Р.Р. Борисов с соавторами [2022]
42	42,12 ± 3,50	50,15 ± 4,32	8,03/0,191	20,0	85,0	0,415	0,0148	Д.В. Рудой с соавторами [2025]
21	23,85 ± 7,35	25,96 ± 8,87	2,11/0,100	18,0	88,9	0,403	0,0117	Ю.А. Ромашова, А.Б. Дельмухаметов [2025]
90	0,080 ± 0,001	4,20 ± 0,60	4,12/0,045	—	74,0	4,400	0,0394	Р.С. Асылбекова, С.К. Койшыбаева [2024]

Таким образом, прирост длины и массы тела раков в пруду Подмосковья за 3 мес. эксперимента был в 2,5 раза больше, чем у таких же особей в УЗВ, но меньше в 2–4 раза, чем выращенных в южных районах России и в Австралии. Факторы, влияющие на медленный рост раков в УЗВ, это некачественное питание, высокая плотность, агрессивное поведение, выделение животными химических соединений, подавляющих рост и не удаляемых обычной биологической фильтрацией [Rodríguez-Canto et al., 2002]. Даже в случае содержания в индивидуальных ячейках у мелких особей в окружении крупных наблюдалось снижение скорости роста [Barki et al., 2006]. Вероятно, более быстрому росту раков в пруду в сравнении с УЗВ способствовали: больше пространства для передвижения и поиска разнообразной пищи, найденные укрытия,

низкое содержание аммония, нитритов и нитратов, незначительная плотность посадки, суточное колебание температуры воды и режим фотопериода. Таким образом, обеспечить условия для выращивания красноклешневых раков в УЗВ, приближенные к прудовым, маловероятно и нерентабельно для создания аквакультуры.

Заключение

Проведенный эксперимент по выращиванию австралийского красноклешневого рака в теплое время года показал, что, несмотря на то что температура воды в пруду за весь период эксперимента была на уровне оптимума (23 °С и выше) всего 28 сут, особи хорошо росли в водоеме, расположенном в Подмоскowie, удельная скорость роста массы в сутки (%) и коэффициент массонакопления были в 2,5 раза выше, чем у выращиваемых в УЗВ. Однако вследствие пониженной температуры воды в пруду Подмоскowie в сравнении с условиями в южных регионах России раки набирали массу тела в 3–4 раза медленнее. Проведенный эксперимент показал, что предпочтительнее вначале выращивать молодь в УЗВ, а в теплое время года выпускать раков среднего размера (более 10 г) в неглубокие пруды с естественной кормовой базой на период 80–100 дней (в зависимости от температуры воды в водоеме). В результате сокращаются затраты (корма, электричество, износ оборудования т.д.) при получении товарной массы особей. Такой способ выращивания красноклешневого рака в прудах Подмоскowie в теплый период года является эффективным в связи с быстрым увеличением массы тела особей за короткий период времени.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Автор выражает благодарность ведущему специалисту отдела аквакультуры беспозвоночных ВНИРО Ирине Николаевне Никоновой за существенную помощь в предоставлении живого материала для проведения эксперимента.

The author is sincerely grateful to Irina Nikolaevna Nikonova (VNIRO) for her significant assistance in providing living material for the experiment.

Финансирование работы (FUNDING)

Работа выполнена в рамках бюджетного финансирования ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО».

The study was conducted using budget funding of VNIRO.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены. Автор заявляет, что у него нет конфликта интересов.

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

Список литературы

Анкешева Б.М., Тангатарова Р.Р., Пятикопова О.В. Формирование ремонтно-маточного стада австралийского красноклешневого рака (*Cherax quadricarinatus*) в индустриальной аквакультуре // Изв. ТИНРО. — 2021. — Т. 201, вып. 4. — С. 948–959. DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-948-959.

Александрова Е.Н. Научные подходы к domestикации российских речных раков // Вестн. РАСХН. — 2014. — № 1. — С. 57–61. EDN: SCCFVB.

Александрова Е.Н. Российские речные раки как объекты пищевого потребления // Вестн. РАСХН. — 2013. — № 5. — С. 59–63. EDN: RDNRPТ.

Арыстангалиева В.А. Разработка технологии выращивания посадочного материала австралийского красноклешневого рака (*Cherax quadricarinatus*) в установке с замкнутым

водоиспользованием : автореф. дис. ... канд. сельскохозяйств. наук. — М. : РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2017. — 24 с. EDN: LHSLEB.

Асылбекова С., Койшыбаева С.К. Результаты выращивания австралийского красноклещевого рака (*Cherax quadricarinatus*) в промышленных условиях // Наука и образование. — 2024. — Т. 2, № 4(77). — С. 157–167. DOI: 10.52578/2305-9397-2024-4-2-157-166. EDN: IUILOH.

Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Артемов Р.В. и др. Оценка эффекта применения комбикормов с различным уровнем белка для молоди австралийского красноклещевого рака в условиях УЗВ // Тр. ВНИРО. — 2022. — Т. 187. — С. 128–137. DOI: 10.36038/2307-3497-2022-187-128-137. EDN: DTIGNG.

Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Жигин А.В. и др. Аквакультура австралийского красноклещевого рака *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) : моногр. — М. : ВНИРО, 2024а. — 200 с.

Борисов Р.Р., Жигин А.В., Ковачева Н.П., Кряхова Н.В. Биологические аспекты культивирования австралийского красноклещевого рака *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) в России // Рыб. хоз-во. — 2024б. — № 3. — С. 80–91. DOI: 10.36038/0131-6184-2024-3-80-92. EDN: PMQTUQ.

Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Паршин-Чудин А.В. Управление пространственным распределением десятиногих ракообразных (отр. Decapoda) при культивировании в искусственных условиях // Рыб. хоз-во. — 2014. — № 3. — С. 84–89. EDN: TCWUKV.

Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Чертопруд Е.С. Биология, воспроизводство и культивирование речных раков : моногр. — М. : ВНИРО, 2011. — 96 с.

Воробьева Л.В., Борисов Р.Р., Ковачева Н.П., Пятикопова О.В. Пищевой спектр австралийского красноклещевого рака *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) (Decapoda, Parastacidae) в прудах Астраханской области // Рос. журн. биол. инвазий. — 2024. — Т. 17, № 1. — С. 8–22. DOI: 10.35885/1996-1499-17-1-08-22. EDN: DAINEB.

Жарников В.С., Никонова И.Н., Глазунов А.А. Особенности роста и выживаемости австралийского красноклещевого рака при иммобилизации клешней в искусственных условиях // Рыбовод. и рыб. хоз-во. — 2025. — № 2. — С. 102–114. DOI: 10.33920/sel-09-2502-03. EDN: NARPIO.

Пат. № 2525334. Способ непрерывного разведения тропических раков / А.И. Хорошко, В.Н. Крючков. — Заявл. 12.11.2012; Оpubл. 10.08.2014.

Пятикопова О.В., Бедрицкая И.Н., Попов Д.А., Тангатарова Р.Р. Опыт прудового выращивания красноклещевого рака в Астраханской области // Изв. ТИНРО. — 2024. — Т. 204, вып. 3. — С. 659–669. DOI: 10.26428/1606-9919-2024-204-659-669. EDN: MIEONV.

Пятикопова О.В., Харченко Н.Н., Бедрицкая И.Н. и др. Рекомендации по выращиванию молоди австралийского красноклещевого рака (*Cherax quadricarinatus*) в промышленных условиях // Рыбовод. и рыб. хоз-во. — 2023. — Т. 17, № 7. — С. 458–469. DOI: 10.33920/sel-09-2307-03. EDN: WKRSYZ.

Ромашова Ю.А., Дельмухаметов А.Б. Совместное выращивание австралийского красноклещевого рака и микророзели в аквапонной установке // Изв. КГТУ. — 2025. — № 76. — С. 38–51. DOI: 10.46845/1997-3071-2025-76-38-51. EDN: MDFXFX.

Рудой Д.В., Ольшевская А.В., Шевченко В.Н. и др. Темпы роста самок австралийского красноклещевого рака *Cherax quadricarinatus* Von Martens, 1868 в УЗВ в период адаптации к промышленным условиям // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. — 2025. — № 2. — С. 69–77. DOI: 10.5281/zenodo.15088819. EDN: WGUUVS.

Шокашева Д.И. Прудовое выращивание австралийского красноклещевого рака в условиях Астраханской области // Вестн. рыбохоз. науки. — 2017. — Т. 4, № 4(16). — С. 14–18. EDN: XTTVBR.

Юдин Н.К., Бубунец Э.В., Чижеликов М.А. Опыт летнего выращивания австралийского красноклещевого рака (*Cherax quadricarinatus*) в прудах в первой зоне рыбоводства // Современные технологии и технические решения для агропромышленного комплекса : мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. — Ижевск : УдГАУ, 2024. — С. 61–66. EDN: PUNGLN.

Barki A., Karplus I., Manor R. et al. Growth of redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in a three-dimensional compartments system: Does a neighbor matter? // Aquaculture. — 2006. — Vol. 252, № 2–4. — P. 348–355. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2005.07.012.

Curtis M.C., Jones C.M. Observations on monosex culture of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* von Martens (Decapoda: Parastacidae) in earthen ponds // J. World Aquacult. Soc. — 1995. — Vol. 26, № 2. — P. 154–159. DOI: 10.1111/j.1749-7345.1995.tb00238.x.

Jones C.M., Grady J.A. Redclaw from harvest to market. A manual of handling procedures. — Australia : Freshwater Fisheries and Aquaculture Centre, 2000. — 35 p.

King C.R. Growth and survival of redclaw crayfish hatchlings (*Cherax quadricarinatus* von Martens) in relation to temperature, with comments on the relative suitability of *Cherax quadricarinatus* and *Cherax destructor* for culture in Queensland // Aquaculture. — 1994. — Vol. 122, № 1. — P. 75–80.

Lawrence C., Jones C. Chapter Cherax // Biology of Freshwater Crayfish. — Oxford : Blackwell Science, 2002. — P. 635–670.

Medley P.B., Rouse D.B., Brady Y.J. Interactions and disease relationships between Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) and red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) in communal culture ponds // Freshwater Crayfish. — 1993. — Vol. 9. — P. 50–56. DOI: 10.5869/fc.1993.v9.50.

Pinto G.F., Rouse D.B. Growth and survival of the Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* at three densities in earthen ponds // J. World Aquacul. Soc. — 1996. — Vol. 27, № 2. — P. 187–193. DOI: 10.1111/j.1749-7345.1996.tb00268.x.

Rodríguez-Canto A., Arredondo-Figueroa J.L., Ponce-Palafox J.T., Rouse D.B. Growth characteristics of the Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, cultured in an indoor recirculating system // J. Appl. Aquacult. — 2002. — Vol. 12(3). — P. 59–64. DOI: 10.1300/J028v12n03_06.

Simple G.P., Rouse D.B., McLain K.R. *Cherax destructor*, *C. tenuimanus* and *C. quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae): a comparative review of biological traits relating to aquaculture potential // Freshwater Crayfish. — 1995. — Vol. 8. — P. 495–503. DOI: 10.5869/fc.1995.v8.495.

Thompson K.R., Muzinic L.A., Engler L.S. et al. Effects of feeding practical diets containing various protein levels on growth, survival, body composition, and processing traits of Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) and on pond water quality // Aquaculture Research. — 2004. — Vol. 35(7). — P. 659–668. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2004.01063.x. EDN: EBPCJL.

Treadwell R., McKelvie L., Maguire G. Profitability of selected aqua cultural species. — Canberra, Australia : Austr. Bur. Agricult. Resource Econ., 1991. — 85 p.

Veselý L., Buřič M., Kouba A. Hardy exotics species in temperate zone: Can «warm water» crayfish invaders establish regardless of low temperatures? // Sci. Rep. — 2015. — Vol. 5. 16340. — P. 1–7. DOI: 10.1038/srep16340.

References

Ankesheva, B.M., Tangatarova, R.R., and Pyatikopova, O.V. Growing of replacement broodstock for australian red-claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in industrial aquaculture, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2021, vol. 201, no. 4, pp. 948–959. doi 10.26428/1606-9919-2021-201-948-959

Aleksandrova, Ye.N. Scientific approaches to domestication of Russian crayfish, *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*, 2014, no. 1, pp. 57–61. EDN: SCCFVB

Aleksandrova, Ye.N. Russian river crawfish as an food consumption, *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*, 2013, no. 5, pp. 59–63. EDN: RDNRP

Arystangalieva, V.A. Development of technology for growing planting material of the Australian red-clawed crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in an installation with closed water use, *Cand. Sci. (Agricultural.) Dissertation*, Moscow: RGAU-MSKHA im. K.A. Timiryazeva, 2017. EDN: LHSLEB

Assylbekova, S. and Koishybayeva, S.K. Results of cultivation of australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in industrial conditions, *Nauka i obrazovaniye*, 2024, vol. 2, no. 4(77), pp. 157–167. doi 10.52578/2305-9397-2024-4-2-157-166. EDN: IUILOH

Borisov, R.R., Kovacheva, N.P., Artemov, R.V., Nikonova, I.N., Arnautov, M.V., Artemov, A.V., and Gershunskaya, V.V. Efficiency assessment of the use of compound feeds with protein different levels for juveniles Australian red claw crayfish in RAS conditions, *Tr. Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2022, vol. 187, pp. 128–137. doi 10.36038/2307-3497-2022-187-128-137. EDN: DTIGNG

Borisov, R.R., Kovacheva, N.P., Zhigin, A.V., Nikonova, I.N., and Kryakhova, N.V. *Akvakul'tura avstraliyskogo krasnokleshneвого raka Cherax quadricarinatus (Von Martens, 1868)* (Aquaculture of Australian red-claw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868)), Moscow: VNIRO, 2024.

Borisov, R.R., Zhigin, A.V., Kovacheva, N.P., and Kryakhova, N.V. Biological aspects of cultivation of the Australian red-clawed crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) in Russia, *Rybn. Khoz.*, 2024, no. 3, pp. 80–91. doi 10.36038/0131-6184-2024-3-80-92. EDN: PMQTUQ

Borisov, R.R., Kovacheva, N.P., and Parshin-Chudin, A.V. Decapoda spacing management of the process of cultivation under artificial conditions, *Rybn. Khoz.*, 2014, no. 3, pp. 84–89. EDN: TCWUKV

Borisov, R.R., Kovatcheva, N.P., Chertoprud, E.S., Biology, reproduction and cultivation of freshwater crayfish. Moscow: VNIRO, 2011.

Vorob'eva, L.V., Borisov, R.R., Kovacheva, N.P., and Pyatikopova, O.V., Food spectrum of the Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Von martens, 1868) (Decapoda, Parastacidae) in the ponds of the Astrakhan region, *Ros. zhurn. biol. invaziy*, 2024, vol. 17, no. 1, pp. 8–22. doi 10.35885/1996-1499-17-1-08-22. EDN: DAINEB

Zharnikov, V.S., Nikonova, I.N., and Glazunov, A.A., Features of growth and survival of the Australian red-claw crayfish during immobilization of claws in artificial conditions, *Rybovodstvo i rybnoye khozyaystvo*, 2025, no. 2, pp. 102–114. doi 10.33920/sel-09-2502-03. EDN: NARIIO

Khoroshko, A.I. and Krjuchkov, V.N., Patent RU 2525334 C2, Method of continuous breeding tropical crawfish, *Izobret., Polezn. Modeli*, 2014, no. 22.

Pyatikopova, O.V., Bedritskaya, I.N., Popov, D.A., and Tangatarova, R.R., Experience of pond cultivation for red-clawed crayfish in the Astrakhan Region, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 204, no. 3, pp. 659–669. doi 10.26428/1606-9919-2024-204-659-669. EDN: MIEONV

Pjaticopova, O.V., Harchenko, N.N., Bedrickaja, I.N., Ankesheva, B.M., Tangatarova, R.R., and Romanenkova, E.N., Recommendations for growing young Australian red-clawed crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in industrial conditions, *Rybovodstvo i rybnoye khozyaystvo*, 2023, vol. 17, no. 7, pp. 458–469. doi 10.33920/sel-09-2307-03. EDN: WKRSYZ

Romashova, Yu.A. and Delmukhametov, A.B., Joint cultivation of Australian red-clawed crayfish and microgreens in aquaponic installation, *Izv. KSTU*, 2025, no. 76. pp. 38–51. doi 10.46845/1997-3071-2025-76-38-51. EDN: MDFXFX

Rudoy, D.V., Olshevskaya, A.V., Shevchenko, V.N., Golovko, L.S., and Oganisyan, M.M., Growth rates of female Australian red-claw crayfish *Cherax quadricarinatus* Von Martens, 1868 in RAS during the period of adaptation to industrial conditions, *Problemy ekologii i okhrany prirody tekhnogennogo regiona*, 2025, no. 2, pp. 69–77. doi 10.5281/zenodo.15088819. EDN: WGUUVS

Shokasheva, D.I., Breeding of Australian red claw crayfish in ponds of Astrakhan region, *Vestnik rybkhozyaystvennoi nauki*, 2017, vol. 4, no. 4(16), pp. 14–18. EDN: XTTVBR

Yudin, N.K., Bubunets, E.V., and Chizhelikov, M.A., Experience of summer cultivation of Australian red-claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in ponds in the first fish farming zone, in *Mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Sovremennyye tekhnologii i tekhnicheskiye resheniya dlya agropromyshlennogo kompleksa"* (Intern. Sci.-Pract. Conf. "Modern technologies and technical solutions for the agro-industrial complex"), Izhevsk: Udmurtskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2024. pp. 61–66. EDN: PUNGLN

Barki, A., Karplus, I., Manor, R., Parnes, S., Affalo, E.D., and Sagi, A., Growth of redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in a three-dimensional compartments system: Does a neighbor matter?, *Aquaculture*, 2006, vol. 252, no. 2–4, pp. 348–355. doi 10.1016/j.aquaculture.2005.07.012

Curtis, M.C. and Jones, C.M., Observations on monosex culture of redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* von Martens (Decapoda: Parastacidae) in earthen ponds, *J. World Aquacult. Soc.*, 1995, vol. 26, no. 2, pp. 154–159. doi 10.1111/j.1749-7345.1995.tb00238.x

Jones, C.M. and Grady, J.A., Redclaw from harvest to market. *A manual of handling procedures*, Australia: Freshwater Fisheries and Aquaculture Centre, 2000.

King, C.R., Growth and survival of redclaw crayfish hatchlings (*Cherax quadricarinatus* von Martens) in relation to temperature, with comments on the relative suitability of *Cherax quadricarinatus* and *Cherax destructor* for culture in Queensland, *Aquaculture*, 1994, vol. 122, no. 1, pp. 75–80.

Lawrence, C. and Jones, C., Chapter Cherax, *Biology of Freshwater Crayfish*, Oxford: Blackwell Science, 2002, pp. 635–670.

Medley, P.B., Rouse, D.B., and Brady, Y.J., Interactions and disease relationships between Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) and red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) in communal culture ponds, *Freshwater Crayfish*, 1993, vol. 9, pp. 50–56. doi 10.5869/fc.1993.v9.50

Pinto, G.F. and Rouse, D.B., Growth and survival of the Australian red claw crayfish *Cherax quadricarinatus* at three densities in earthen ponds, *J. World Aquacul. Soc.*, 1996, vol. 27, no. 2, pp. 187–193. doi 10.1111/j.1749-7345.1996.tb00268.x

Rodríguez-Canto, A., Arredondo-Figueroa, J.L., Ponce-Palafox, J.T., and Rouse, D.B., Growth characteristics of the Australian redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, cultured in an indoor recirculating system, *J. Appl. Aquacult.*, 2002, vol. 12, no. 3, pp. 59–64. doi 10.1300/J028v12n03_06

Semple, G.P., Rouse, D.B., and McLain, K.R., *Cherax destructor*, *C. tenuimanus* and *C. quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae): a comparative review of biological traits relating to aquaculture potential, *Freshwater Crayfish*, 1995, vol. 8, pp. 495–503. doi 10.5869/fc.1995.v8.495

Thompson, K.R., Muzinic, L.A., Engler, L.S., Morton, S.R., and Webster, C.D., Effects of feeding practical diets containing various protein levels on growth, survival, body composition, and processing traits of Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) and on pond water quality, *Aquaculture Research*, 2004, vol. 35, no. 7, pp. 659–668. doi 10.1111/j.1365-2109.2004.01063.x. EDN: EBPCJL

Treadwell, R., McKelvie, L., and Maguire, G., *Profitability of selected aqua cultural species*, Australia : Austr. Bur. Agricult. Resource Econ., 1991.

Vesely, L., Buřič, M., and Kouba, A., Hardy exotics species in temperate zone: Can «warm water» crayfish invaders establish regardless of low temperatures?, *Sci. Rep.*, 2015, vol. 5, 16340, pp. 1–7. doi 10.1038/srep16340

Mirovoye proizvodstvo akvakul'tury v 2016–2020 gg. (World aquaculture production in 2016–2020), Moscow: VNIRO, 2022.

Prikaz Federal'nogo agentstva po rybolovstvu ot 26 Maya 2025 g. № 296 «Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnykh ob'yektov rybokhozyaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimyykh kontsentratsiy zagryaznyayushchikh veshchestv v vodakh vodnykh ob'yektov rybokhozyaystvennogo znacheniya» (Order of the Federal Agency for Fisheries dated May 26, 2025 no. 296 “On approval of water quality standards for water bodies of fishery importance, including standards for maximum permissible concentrations of pollutants in the waters of water bodies of fishery importance”). URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/412008824>. Cited February, 17, 2026.

Arkhiv pogody v Moskve (VDNKH) (Weather archive in Moscow (VDNKh)). URL: [https://rp5.ru/Arkhiv_pogody_v_Moskve_\(VDNKH\)](https://rp5.ru/Arkhiv_pogody_v_Moskve_(VDNKH)). Cited December 15, 2025.

Поступила в редакцию 26.01.2026 г.

После доработки 5.03.2026 г.

Принята к публикации 6.03.2026 г.

The article was submitted 26.01.2026; approved after reviewing 5.03.2026; accepted for publication 6.03.2026

**ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ГИДРОБИОНТОВ
TECHNOLOGY OF HYDROBIONTS PROCESSING**

Научная статья

УДК 664.97:599.745.3

DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-226-238

EDN: ODFVNH

**ПИЩЕВАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ НАТУРАЛЬНЫХ
КОНСЕРВОВ ИЗ МЯСА ЛАХТАКА *ERIGNATHUS BARBATUS*****Л.В. Шульгина¹, Е.В. Якуш¹, А.Р. Бутенко¹, Ю.Н. Кузнецов¹,
В.В. Борисов^{2*}**¹ Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4;² ИП «Борисов В.В.», 685000, г. Магадан, ул. Рыбозаводская, 2

Аннотация. Проведены исследования мороженого мяса настоящего тюленя лахтакта *Erignathus barbatus* и консервированных продуктов на его основе. Определена пищевая и биологическая ценность продуктов. В составе двух видов консервов массовая доля мяса лахтакта составляла 84–88 %. В качестве дополнительных компонентов использованы растительное масло, лук и пряности. Консервы, содержащие в основе мясо лахтакта, стерилизовались по разработанным режимам, обеспечивающим промышленную стерильность и качество продуктов при хранении. В готовом продукте содержание белков составляло более 20 %. Белки сбалансированы по содержанию незаменимых аминокислот, сумма которых достигала 43 г/100 г белка. Лимитирующими аминокислотами в консервах из мяса лахтакта являлись серосодержащие, что свойственно для морской рыбы и рыбных продуктов. Преобладающим классом в липидах, содержащихся в консервах, были триацилглицерины — 86,7 %. Среди жирных кислот преобладали мононенасыщенные, доля которых составляла 58,2 % от общей суммы жирных кислот. Содержание ПНЖК — 22,17 %, основная их часть (18,57 %) представлена ПНЖК омега-3. В 100 г консервов их количество достигало 1,42 г/100 г, а сумма ЭПК и ДГК — не менее 1,0 г/100 г, что соответствует рекомендуемому уровню потребления эссенциальных жирных кислот для взрослого человека. Определены индексы качества липидов (в основу расчета положены соотношения насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, характеризующие их влияние на организм человека), которые показали, что липиды консервированных продуктов обладают способностью снижать уровень холестерина в крови и скорость тромбообразования в сосудах человека. Разработанные консервы из мяса лахтакта характеризуются высоким содержанием железа и селена и могут быть рекомендованы для снижения дефицита этих элементов.

* Шульгина Лидия Васильевна, доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией, lidia.shulgina@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-1767-0129; Якуш Евгений Валентинович, кандидат химических наук, первый заместитель руководителя филиала, evgenii.jakush@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0001-7837-5943; Бутенко Александр Русланович, ведущий специалист, alexandr.butenko@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0008-2528-4122; Кузнецов Юрий Николаевич, кандидат технических наук, начальник отдела, iurii.kuznetsov@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0009-2352-2593; Борисов Василий Васильевич, руководитель ИП, Lion_D@mail.ru, ORCID 0009-0006-6553-0901.

Ключевые слова: лахтак, мясо, консервы, состав, пищевая ценность, ПНЖК, микроэлементы

Для цитирования: Шульгина Л.В., Якуш Е.В., Бутенко А.Р., Кузнецов Ю.Н., Борисов В.В. Пищевая и биологическая ценность натуральных консервов из мяса лахтак *Erignathus barbatus* // Изв. ТИНРО. — 2026. — Т. 206, вып. 1. — С. 226–238. DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-226-238. EDN: ODFVNH.

Original article

Nutritional and biological value for natural canned meat of bearded seal *Erignathus barbatus*

Lidia V. Shulgina*, Evgeny V. Yakush**, Alexandr R. Butenko***,
Yury N. Kuznetsov****, Vasily V. Borisov*****

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

***** Sole Proprietor Borisov V.V., 2, Rybozavodskaya Str., Magadan, 685000, Russia

* D.Biol., professor, head of laboratory, lidia.shulgina@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-1767-0129

** Ph.D., first deputy head, evgenii.jakush@tinro.vniro.ru, ORCID 0000-0001-7837-5943

*** leading specialist, alexandr.butenko@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0008-2528-4122

**** Ph.D., head of department, iurii.kuznetsov@tinro.vniro.ru, ORCID 0009-0009-2352-2593

***** head, Lion_D@mail.ru, ORCID 0009-0006-6553-0901

Abstract. Nutritional and biological value is investigated for frozen and canned meat of bearded seal. The two types of canned products contained 84–88 % meat with addition of vegetable oil, onions, and spices and were sterilized using standard modes ensured sterility and storage ability. Chemical composition was considered in detail for these canned products. The content of protein exceeded 20 %, with the summary content of essential amino acids 43 g/100 g of protein. The limiting amino acids were sulfur-containing ones, as usual for marine fish and fish products. Triacylglycerols dominated in the fat with the total amount of 86.7 %. The portion of monounsaturated fatty acids was 58,2 % of the total fatty acids. The PUFA content was 22.17 %, mainly omega-3 PUFAs (18.57 % or 1.42 g PUFA per 100 g of canned food), with the sum of EPA and DHA at least 1.0 g/100 g that corresponded to the recommended intake of essential fatty acids for adults. By the indices of lipid quality determined as the ratio of saturated and unsaturated fatty acids, these canned products are able to reduce the cholesterol level in blood and the rate of thrombus formation in blood vessels of human. Besides, the canned meat contains large amount of iron and selenium, so it can be recommended for reducing the deficiency of these elements.

Keywords: bearded seal, meat, chemical composition, canned food, nutritional value, PUFA, microelement

For citation: Shulgina L.V., Yakush E.V., Butenko A.R., Kuznetsov Yu.N., Borisov V.V. Nutritional and biological value for natural canned meat of bearded seal *Erignathus barbatus*, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2026, vol. 206, no. 1, pp. 226–238. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-226-238. EDN: ODFVNH.

Введение

Настоящий тюлень *Erignathus barbatus nauticus* Pallas, 1811, морской заяц, или лахтак, относится к объектам промышленного рыболовства. По данным ВНИРО общая величина рекомендуемого вылова этого тюленя в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне, Беринговом, Чукотском и Восточно-Сибирском морях составляет не менее 3800 голов, а ежегодная добыча его не превышает 25 % от рекомендованного вылова [Болтнев и др., 2024; Состояние..., 2024*].

Известно, что мясо настоящих тюленей характеризуется высокой пищевой и биологической ценностью [Слапогузова и др., 2016; Подкорытова и др., 2017]. Белки мышечной ткани животных сбалансированы по аминокислотному составу, липиды содержат эссенциальные жирные кислоты семейства омега-3, в том числе эйкозапеп-

* Состояние промысловых ресурсов Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна — 2024. Владивосток: ТИНРО, 2024. 210 с.

таеновую (ЭПК) и докозагексаеновую (ДГК). Особенностью мяса тюленей является высокое содержание железа, в связи с чем оно рекомендовано для использования при производстве продукции диетического профилактического и лечебного питания [Мошенский, Владыкина, 2009].

Для рационального освоения недоиспользуемого ресурса возникает необходимость поиска новых подходов к переработке сырья и создания технологий производства различной продукции на его основе. Одним из перспективных видов продуктов для массового потребления являются консервы, которые при длительном хранении в неограниченных условиях не изменяют показателей качества. Их разработка позволит расширить линейку стерилизованной продукции, будет способствовать рациональному освоению недоиспользуемых объектов.

Целью настоящей работы явились представление разработанной рецептуры и параметров высокотемпературной обработки консервов из мяса морского зайца (лахта), а также оценка их пищевой и биологической ценности.

Материалы и методы

Для проведения исследований использовано мясо лехтака, которое в условиях ИП «Борисов В.В.» после отделения подкожного жира было заморожено в блоках по 5–10 кг (срок хранения не более 2 мес. при температуре минус 18 °С). На основе мяса были изготовлены консервированные продукты.

Исследование показателей безопасности сырья и изготовленных консервов выполняли в соответствии с требованиями ТР ЕАЭС № 040/2016 и ТР ТС № 021/2011.

Размораживание и подготовку мяса животного, а также материалов и тары, фасование, экстаутирование и закатывание банок, стерилизацию и охлаждение, мойку и сушку консервов проводили по технологической инструкции по производству рыбных консервов*.

Разработку режима стерилизации консервов осуществляли в соответствии с РД 10.03.02-88. Контроль температуры и фактического стерилизующего эффекта выполняли на приборе СТ-9004 фирмы «Эллаб» (Дания).

Подготовку проб к анализу и определение содержания воды, белков, жира и минеральных веществ реализовали стандартными методами (ГОСТ 7636).

Аминокислотный состав белков изучали с использованием автоматического аминокислотного анализатора L-8900 (Hitachi, Япония). Подготовку проб для анализа аминокислотного состава белков осуществляли методом кислотного гидролиза 6 N соляной кислотой. Сбалансированность белков оценивалась по индексам незаменимых аминокислот, представляющим отношение фактического уровня их в белках продукта к рекомендованному в стандартном белке FAO/WHO**.

Изучение фракционного состава липидов проводили методом тонкослойной хроматографии на аналитических пластинках «Sorbfil» («Сорбполимер», Россия) в системе растворителей гексан : диэтиловый эфир : уксусная кислота — 70 : 30 : 2 (по объему) в качестве элюента. Для проявления хроматограмм использовали 10 %-ный спиртовой раствор фосфорномолибденовой кислоты с последующим нагреванием пластинок до 110 °С. Идентификацию отдельных классов липидов выполняли методом сравнения с нанесенными на пластинку стандартными соединениями. Для количественного определения применяли программное обеспечение ImageJ (National Institute of Health, США, v.1.47) [Schneider et al., 2012; Laggai et al., 2013].

Для изучения состава жирных кислот липиды переводили в метиловые эфиры жирных кислот [Carreau, Dubacq, 1978], которые после очистки препаративной

* Сборник технологических инструкций по производству консервов и пресервов из рыбы и нерыбных объектов. СПб.: Судостроение, 2012. Т. 2. 272 с.

** Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. Rome: FAO, 2013. 66 p. Режим доступа: <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>.

тонкослойной хроматографией анализировали на хроматографе Shimadzu GC-14B (Япония) с использованием капиллярной колонки SupelcowaxTM 10 (30,0 м × 0,32 мм, толщина пленки 0,25 мкм, Supelco, США) и пламенно-ионизационного детектора при температуре колонки 190 °C и температуре инжектора и детектора 240 °C. В качестве газа-носителя использовали гелий со скоростью потока 1 мл/мин и делителем потока 1/60. Идентификацию жирных кислот проводили с использованием индексов эквивалентной длины цепи [Christie, 1988]. Содержание отдельных жирных кислот определяли по площадям пиков с помощью базы обработки данных Shimadzu Chromatopac C-R4A (Япония).

Макро- и микроэлементный состав устанавливали методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе Nippon Jarell Ash, модель AA-855 (Япония).

Для изучения полезных свойств липидного компонента консервов использовали показатели соотношения полиненасыщенных и насыщенных жирных кислот (ПНЖК/НЖК), омега-6 и омега-3 жирных кислот (n-6/n-3), а также пищевые индексы качества липидов (в иностранной литературе «health lipid indices»). Определение пищевых индексов качества липидов осуществляли согласно рекомендуемым методам [Ulbricht, Southgate, 1991; Kocatepe et al., 2019; Chen, Liu, 2020].

Все цифровые величины, использованные при построении таблиц, обрабатывали с помощью программы «Microsoft Excel» 2014. Статистическую обработку результатов исследований проводили общепринятыми математическими методами с использованием компьютерных программ «Microsoft Excel» 2014. Результаты представляют собой средние значения и стандартное отклонение (±).

Результаты и их обсуждение

Мясо латка в дефростированном виде имело нежную консистенцию, темно-красный цвет, слабый запах, свойственный данному виду сырья, без каких-либо порочащих признаков. В исследуемых образцах мяса присутствовали отдельные прирези и прожилки сала, которые удалялись перед проведением экспериментальных работ.

По показателям безопасности мясо латка, используемое для экспериментальных работ при разработке технологии нового ассортимента консервов, соответствовало требованиям ТР ЕАЭС 040/2016 и ТР ТС 021/2011.

Общий химический состав мяса тюленя приведен в табл. 1. Мышечная ткань тюленя является высокобелковым сырьем.

Таблица 1

Общий химический состав мяса латка *Erignathus barbatus*, %

Table 1

General chemical composition of meat for *Erignathus barbatus*, %

Показатель	Содержание
Вода	66,1 ± 0,4
Белки	24,5 ± 1,2
Жир	8,2 ± 0,4
Минеральные вещества	1,2 ± 0,2

После проведения предварительных экспериментов при разработке рецептуры консервов из мяса латка были изготовлены два варианта образцов (табл. 2). Массовая доля мяса тюленя в зависимости от варианта составляла 84–88 %.

Блоки мороженого мяса тюленя предварительно размораживали до температуры минус 5 °C, зачищали участки с нарушением глазури, раскладывали в один слой и размораживали в проточной пресной воде до температуры в толще кусков мяса минус 1 °C. Подготовленное мясо нарезают на куски массой 30–50 г и выдерживали в проточной пресной воде температурой 15–18 °C в течение 3 ч. Этот способ отмоки обеспечивает уменьшение содержания крови и исключение специфического привкуса в продукте.

Таблица 2

Рецептура консервов на основе мяса лахтака, кг на 1000 учетных банок

Table 2

Recipe for canned products based on meat of bearded seal, kg per 1000 cans

Компонент	Вариант 1	Вариант 2
Мясо лахтака кусочки	294,0	—
Мясо лахтака измельченное	—	308,0
Лук шинкованный	5,04	—
Лук пассерованный	—	5,04
Соль	4,76	4,76
Вода	46,03	30,91
Масло растительное для пассерования лука	—	1,12
Перец черный	0,06	0,06
Перец душистый	0,07	0,07
Лавровый лист	0,04	0,04
Всего	350,0	350,0

После стекания воды куски мяса направляли для смешивания с другими компонентами. Для консервов второго варианта — кусочки мяса измельчали на волчке с диаметром отверстий решетки 3–5 мм. Лук очищали, направляли на мойку, нарезали на кусочки размером не более 1,0 × 1,5 см. Для образцов второго варианта лук перед смешиванием с другими компонентами пассеровали в подсолнечном масле до светло-золотистого цвета.

Все подготовленные компоненты тщательно перемешивали, подготовленную смесь фасовали в металлические банки № 6 массой нетто 250 г, укупоривали на вакуумзакаточной машине и стерилизовали по предварительно разработанным режимам при температуре 120 °С. Стерилизацию осуществляли в вертикальном автоклаве периодического действия типа АВ, греющей средой являлся пар. Охлаждение осуществляли водой с противодавлением (0, 20 МПа).

В процессе стерилизации консервов определяли значение фактической летальности режимов. Нормативное значение стерилизующего эффекта (F_n) для консервов составляет 6,1 усл. мин. Установлено, что в процессе стерилизации консервов из мяса лахтака в течение 60 мин величина фактического стерилизующего эффекта (F_ϕ) превышала нормативное значение (табл. 3), что характеризует определенный запас стерильности разработанных режимов. Стерилизованные по разработанным режимам консервы были промышленно стерильными.

Таблица 3

Режимы стерилизации консервов на основе мяса лахтака

Table 3

Sterilization modes for canned products based on meat of bearded seal

Вариант консервов	Продолжительность, мин	Температура, °С	F_ϕ , усл. мин., при $Z = 10$ °С
1	5–15–60–20	120	7,6 ± 0,2
2			7,4 ± 0,2

Образцы изготовленных консервов по основным органолептическим характеристикам были близки тушеному мясу наземных животных. При этом они имели более выраженный коричневый цвет (за счет высокого содержания железа). Консервы имели приятный вкус и запах, без посторонних привкуса и запаха. Консистенция содержимого второго варианта консервов была мягкой и сочной. В консервах первого варианта куски мяса были плотноватые. Наиболее высокими органолептическими свойствами характеризовались консервы второго варианта.

Химический состав изготовленных консервов из мяса лахтака приведен в табл. 4.

Результаты исследования аминокислотного состава (табл. 5) показали, что белки новых консервированных продуктов из мяса лахтака сбалансированы по содержанию

Таблица 4

Химический состав консервов на основе мяса лахтакта, %

Table 4

Chemical composition of canned products based on meat of bearded seal, %

Показатель	Вариант 1	Вариант 2
Вода	71,50 ± 2,10	68,90 ± 1,90
Белок	20,53 ± 1,30	21,49 ± 1,40
Жир	6,91 ± 0,72	8,41 ± 0,90
Углеводы	0,06	0,10
Минеральные вещества	1,0 ± 0,10	1,10 ± 0,12

Таблица 5

Аминокислотный состав белков в консервах на основе мяса лахтакта

Table 5

Amino acid composition of proteins in canned products based on meat of bearded seal

Незаменимые аминокислоты			Заменимые аминокислоты	
Аминокислота	Содержание, г/100 г	Аминокислотный скор, %	Аминокислота	Содержание, г/100 г
Валин	5,5	110	Аланин	5,9
Изолейцин	4,6	115	Аспарагин	9,6
Лейцин	8,2	117	Аргинин	5,6
Лизин	8,6	156	Гистидин	5,0
Метионин+цистеин	2,8	69	Глицин	4,8
Треонин	4,6	115	Глутаминовая	14,0
Фенилаланин+тирозин	7,5	125	Пролин	7,5
Триптофан	1,2	120	Серин	4,2

незаменимых аминокислот, сумма которых составляет 43 г/100 г белка и превышает их содержание в идеальном белке (36 %). Лимитирующими аминокислотами в вариантах изготовленных консервов являлись серосодержащие, что свойственно для морской рыбы и рыбных продуктов.

Изучение фракционного состава липидов в консервах на основе мяса лахтакта показало, что преобладающим классом являлись триацилглицерины (табл. 6). Вторым классом по количеству были эфиры стерина (6,1 %).

Таблица 6

Состав липидов в консервах на основе мяса лахтакта, % от общей суммы липидов

Table 6

Lipid composition in canned products based on meat of bearded seal, % of the total lipids

Класс липидов	Содержание
Эфиры стерина	6,1
Триацилглицерины	86,7
Свободные жирные кислоты	2,0
Стерины	2,7
Полярные липиды (фосфолипиды)	2,5

Результаты исследования состава жирных кислот в липидах консервов на основе мяса лахтакта приведены в табл. 7.

Содержание НЖК в консервах из мяса лахтакта независимо от варианта не превышало 18,5 %. Известно, что высокий их уровень обуславливает повышение общего уровня холестерина и липопротеинов низкой плотности в крови человека, что приводит к образованию холестериновых бляшек и тромбов в сосудах. Основными жирными кислотами, обладающими мощным холестеринповышающим действием, являются лауриновая (C12:0), миристиновая (C14:0) и пальмитиновая (C16:0) [Garaffo et al., 2011; Perna, Hewlings, 2022]. Другие НЖК биологически нейтральны,

Таблица 7

Состав жирных кислот в липидах консервов на основе мяса лахтака,
% от общей суммы жирных кислот

Table 7

Fatty acid composition of lipids in canned products based on meat of bearded seal,
% of the total fatty acids

Насыщенные		Мононенасыщенные		Полиненасыщенные	
Жирная кислота	Содержание	Жирная кислота	Содержание	Жирная кислота	Содержание
12:0	0,13	14:1	0,11	16:2 n-4	0,91
i-14:0	0,14	16:1 n-9	0,12	16:4 n-1	0,17
14:0	4,23	16:1 n-7	18,64	18:2 n-9	0,11
i-15:0	1,15	16:1 n-5	0,25	18:2 n-6	0,69
15:0	0,31	17:1 n-9	0,63	18:2 n-4	0,25
i-16:0	0,11	18:1 n-9	25,42	18:3 n-3	0,26
16:0	10,53	18:1 n-7	6,40	18:4 n-3	0,51
i-17:0	0,20	18:1 n-5	0,48	20:2 n-9	0,15
ai-17:0	0,21	19:1 n-9	0,16	20:2 n-6	0,14
17:0	0,12	20:1 n-11	2,30	20:3 n-9	0,39
i-18:0	0,13	20:1 n-9	2,20	20:3 n-6	0,11
18:0	0,97	20:1 n-7	0,59	20:4 n-6	0,69
19:0	0,16	20:1 n-5	0,11	20:4 n-3	0,36
Сумма	18,39	22:1 n-11	0,57	20:5 n-3	5,92
		22:1 n-9	0,22	21:5 n-3	0,25
		Сумма	58,20	22:5 n-3	3,17
				22:6 n-3	8,09
				Сумма	22,17
				Σ ПНЖК n-3	18,56
				Σ ПНЖК n-6	1,63
				ЭПК+ДГК	14,01

некоторые из них быстро окисляются в печени до ацетил-КоА. Количество жирных кислот, оказывающих негативное влияние на организм человека, в разработанных консервах составляет 15,14 % от общей суммы жирных кислот.

Ненасыщенные жирные кислоты, наоборот, способны снижать уровень холестерина в крови человека и риск развития сердечно-сосудистых заболеваний [МР 2.3.1.0253-21; Da Silva et al., 2015]. Группа мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК) по количеству была наибольшей и составляла более 58 % от общей суммы жирных кислот. Преобладающими оказались олеиновая (18:1 n-9) и пальмитоолеиновая (16:1 n-7) кислоты, их содержание — 25,42 и 18,64 % от общей суммы жирных кислот. В организме человека они необходимы для нормального процесса обмена веществ, поддержания энергии и построения клеточного скелета, снижения риска развития сердечно-сосудистых заболеваний.

Полиненасыщенные жирные кислоты в липидах консервов из лахтака составляли 22,17 %. При этом более половины их были представлены жирными кислотами семейства омега-3, общая сумма которых — 18,56 %. Эссенциальные жирные кислоты — ЭПК и ДГК достигали 14,01 % от всей суммы ПНЖК, что указывает на высокую ценность липидного компонента консервированных продуктов на основе мяса тюленя.

В 100 г консервов в зависимости от варианта находилось 1,3–1,5 г ПНЖК семейства омега-3, а сумма ДГК и ЭПК насчитывала 1,0–1,2 г/100 г продукта. Верхний рекомендуемый уровень суточного потребления ПНЖК омега-3 для человека составляет 3 г, а биологически значимых жирных кислот (сумма ЭПК и ДГК) — 0,8–1,6 г [МР 2.3.1.1915-04; МР 2.3.1.0253-21; Плотникова и др., 2018]. С учетом этого консервы из

мяса лахтака способны удовлетворить суточную потребность организма человека в эссенциальных жирных кислотах (ЭПК+ДГК) практически на 100 %.

Для характеристики качества и диетической значимости жирового компонента, обусловленных его положительным воздействием на здоровье человека, были определены пищевые индексы качества липидов для консервов, в основу их расчетов положены соотношения отдельных групп жирных кислот, которые выполняют различную физиологическую функцию [Ulbricht, Southgate, 1991; Pleadin et al., 2017; Kocatepe et al., 2019; Chen, Liu, 2020] (табл. 8).

Таблица 8

Пищевые индексы качества липидов для консервов на основе мяса лахтака

Table 8

Indices of nutritional lipid quality for canned products based on meat of bearded seal

Пищевой индекс качества липидов	Значение
ПНЖК/НЖК	1,21
IA (атерогенности)	0,36
IT (тромбогенности)	0,17
H/H (гипохолестеринемический)	2,95
FLQ (общий индекс качества липидов)	14,30
ПНЖК n-6/ ПНЖК n-3	1,0/11,39

Показатель ПНЖК/НЖК дает только первичную характеристику положительного воздействия липидов продукта на здоровье человека, так как не учитывает полезное влияние всей группы МНЖК [Ulbricht, Southgate, 1991]. Продукты с соотношением ПНЖК/НЖК ниже 0,45 считаются нежелательными для питания человека из-за их способности вызывать нарушение холестерина обмена [Fernandes et al., 2014]. В консервах на основе мяса лахтака количество ПНЖК значительно превышает сумму НЖК, что указывает на потенциальное положительное воздействие липидов на организм человека.

Индекс атерогенности (IA) — это специфический расчетный коэффициент, показывающий взаимоотношение между количеством холестеринповышающих НЖК и суммой ненасыщенных жирных кислот. Он свидетельствует о способности жирового компонента продукта влиять на уровень холестерина в крови человека и развитие сердечно-сосудистых заболеваний [Ulbricht, Southgate, 1991; Chen, Liu, 2020]. Более низкие значения индекса указывают на способность продукта снижать уровень холестерина и липопротеинов низкой плотности в плазме человека. В консервах на основе мяса лахтака по сравнению с другими продуктами величина IA низкая (0,36), что указывает на ценность липидов в продукте. Например, для мясных продуктов индекс атерогенности находится в пределах 0,16–1,41, для сливочного масла — 2,13, икры тунца — 0,69–0,76 [Santos-Silva et al., 2002].

Индекс тромбогенности (IT) характеризует способность липидов продукта питания влиять на свертываемость крови и, соответственно, здоровье человека [Ulbricht, Southgate, 1991; Garaffo et al., 2011; Krešić et al., 2019; Chen, Liu, 2020]. Высокое значение индекса указывает на способность жирных кислот активизировать процесс тромбообразования в кровеносных сосудах. Значение IT для консервов из мяса лахтака оказалось очень низким (0,17), что обусловлено высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот (более 80 %). Известно, что показатель IT для рыбных жиров и рыбных продуктов находится в пределах 0,14–0,87, мясных продуктов — 0,29–1,69, сливочного масла — 2,87 [Chen, Liu, 2020].

Индекс H/H представляет собой соотношение жирных кислот между гипохолестеринемическими ($18:1 + \sum \text{ПНЖК } n-3 + \sum \text{ПНЖК } n-6$) и гиперхолестеринемическими кислотами ($C12 + C14:0 + C16:0$) и характеризует влияние жирнокислотного состава продуктов на общий уровень холестерина в крови человека и развитие атеросклероза. Высокое значение этого показателя характеризует высокую ценность липидов сырья

или продукта, его способность снижать риск развития нарушений холестеринового обмена у человека [Fernandes et al., 2014; Chen, Liu, 2020; Rincón-Cervera et al., 2020]. Для консервов на основе мяса лахтака его величина выше, чем для мяса и мясопродуктов (1,27–2,78).

Общий индекс качества липидов (*FLQ*) показывает долю основных ПНЖК омега-3 (ЭПК и ДГК) в общей сумме жирового компонента продукта. Считается, что чем выше его значение, тем выше диетическая ценность липидов продукта и их потенциального влияния на развитие коронарной болезни [Calabrò et al., 2015]. Наши исследования показали, что ценность липидного компонента в составе консервов из мяса лахтака также высокая — показатель *FLQ* — составляет 14,30, он соответствует таковому для консервов на основе жирной рыбы — скумбрии японской [Шульгина и др., 2024а, б].

Известно, что пищевая ценность жира и его биологическая эффективность определяются соотношением основных групп в составе полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК n-6/ПНЖК n-3). Этот показатель используется для оценки влияния жирнокислотного состава на риск развития сердечно-сосудистых заболеваний [Pleadin et al., 2017]. В консервах из мяса лахтака соотношение этих жирных кислот составляет 1 : 11. В России рекомендуемое соотношение омега-6 и омега-3 в суточном рационе — от 5 : 1 до 10 : 1 (МР 2.3.1.0253-21). Согласно рекомендациям Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (Food and Agriculture Organization) приемлемое значение ПНЖК n-6/ПНЖК n-3 в рационе питания здорового человека составляет 5 : 1, а наиболее рациональным их соотношением считается 2 : 1–3 : 1 [Kocatepe et al., 2019]. Значительное превышение омега-3 жирных кислот в липидах характеризует высокое лечебно-профилактическое действие продукта. Сведений в отечественной и иностранной литературе о негативном влиянии на организм человека высокого содержания ПНЖК омега-3 в липидах продуктов и рационах питания не встречается. Более высокое содержание в продукте ПНЖК омега-3 указывает на потенциальное лечебное действие жирных кислот.

Таким образом, полученные результаты показывают, что жировой компонент консервов на основе мяса лахтака характеризуется пищевыми индексами качества липидов, обосновывающими его потенциальное положительное действие на организм человека.

Исследование микроэлементного состава консервов из мяса лахтака показало, что в 100 г продукта содержится 6,6 мг железа и 80 мкг селена. Доля железа составляет 66 % рекомендуемой суточной нормы потребления, а селена — полностью удовлетворяет потребность организма человека в нем (МР 2.3.1.0253).

Заключение

Разработаны рецептуры новых консервов на основе мяса тюленя *E. barbatus*. Для повышения органолептических характеристик в состав консервов введены лук и пряности. Разработаны режимы стерилизации консервов, обеспечивающие промышленную стерильность и качество продуктов при хранении.

Консервы на основе мяса *E. barbatus* характеризуются высоким содержанием белков (20,6–21,6 %). Количество жира в консервах в зависимости от ассортимента составляло 6,9–8,4 %.

В липидном составе содержимого консервов преобладала группа МНЖК, 58,2 % от суммы жирных кислот. Содержание ПНЖК составляло 22,17 % от общего числа жирных кислот. Основными жирными кислотами в этой группе являлись ПНЖК семейства омега-3, их количество в содержимом консервов достигало 1,42 г/100 г, а сумма биологически значимых жирных кислот (ЭПК+ДГК) — не менее 1,0 г/100 г продукта, что соответствует рекомендуемой их суточной норме для взрослого человека.

Изучение пищевых индексов качества липидов для разработанных консервов показало потенциальную способность продуктов проявлять профилактические свойства для предотвращения сердечно-сосудистых заболеваний.

Использование в рационе населения консервов из мяса *E. barbatus* позволит снизить дефицит омега-3 жирных кислот, железа и селена, что будет способствовать снижению риска развития сердца и сосудов.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают благодарность сотрудникам ТИНРО М.В. Симоконю и Г.В. Самойленко за оказание помощи при выполнении химических анализов. За многолетнее успешное сотрудничество при изучении липидов мы благодарны К.Г. Павелю, который ушел из жизни 21 июня 2024 г.

The authors are thankful to M.V. Simokon and G.V. Samoylenko (TINRO) for their assistance in chemical analyses and gratefully recall long-term and successful collaboration in lipid studies with K.G. Pavel (TINRO), who passed away on June 21, 2024.

Финансирование работы (FUNDING)

Работа выполнена в рамках бюджетного финансирования.

The study was conducted within the framework of 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 that they have no conflict of interests.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

Л.В. Шульгина — планирование работ, анализ результатов, написание статьи; Е.В. Якуш — планирование работ, анализ результатов; А.Р. Бутенко — выполнение технологических исследований, обработка данных; Ю.Н. Кузнецов — исследование сырья; В.В. Борисов — предоставление сырья и выработка опытных партий продуктов.

L.V. Shulgina — concept of the study, analysis of the results, writing and illustrating the text; E.V. Yakush — general supervision of the study; A.R. Butenko — technological experiments, the data processing; Yu.N. Kuznetsov — the raw materials investigation; V.V. Borisov — provision of the raw materials and producing the pilot batches of canned products.

Список литературы

Болтнев А.И., Загребельный С.А., Забавников В.Б. и др. Состояние запасов и промысел морских млекопитающих в России в 2000–2020 годах // Тр. ВНИРО. — 2024. — Т. 195. — С. 205–231. DOI: 10.36038/2307-3497-2024-195-205-231.

Мошенский А.А., Владыкина Т.В. Основные результаты изучения медико-биологических аспектов пищевого использования морских млекопитающих отряда ластоногих // Тихоокеанский медицинский журнал. — 2009. — № 1(35). — С. 67–70.

Плотникова Е.Ю., Синькова М.Н., Исаков Л.К. Роль омега-3 ненасыщенных кислот в профилактике и лечении различных заболеваний // Лечащий врач. — 2018. — № 7. — С. 63–67.

Подкорытова А.В., Игнатова Т.А., Родина Т.В. Пищевая и биологическая ценность мышечных тканей морских млекопитающих и их использование // Тр. ВНИРО. — 2017. — Т. 168. — С. 156–187.

Слапогузова З.В., Болтнев А.И., Абдурахманов А.Г., Вафина Л.Х. Морские млекопитающие как сырье для производства пищевой продукции // Тр. ВНИРО. — 2016. — Т. 159. — С. 87–94.

Шульгина Л.В., Павел К.Г., Тимчишина Г.Н. и др. Пищевая и биологическая ценность рыбобастительных консервов из скумбрии дальневосточной // Дальневост. аграрн. вестн. — 2024а. — Т. 18, № 2. — С. 152–163.

Шульгина Л.В., Павелъ К.Г., Тимчишина Г.Н., Якуш Е.В. Консервы из скумбрии дальневосточной и их функциональное значение // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. — 2024б. — № 3(111). — С. 141–151. DOI: 10.24866/23112271/2024-3/1234.

Calabrò S., Cutrignelli M.I., Lo Presti V. et al. Characterization and effect of year of harvest on the nutritional properties of three varieties of white lupine (*Lupinus albus* L.) // J. Sci. Food Agric. — 2015. — Vol. 95, Iss. 15. — P. 3127–3136. DOI: 10.1002/jsfa.7049.

Carreau J.P., Dubacq J.P. Adaptation of a macro-scale method to the micro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts // J. Chromatogr. — 1978. — Vol. 151, Iss. 3. — P. 384–390. DOI: 10.1016/S0021-9673(88)90040-4.

Chen J., Liu H. Nutritional Indices for Assessing Fatty Acids: A Mini-Review // Int. J. Mol. Sci. — 2020. — Vol. 21(16). — P. 5695. DOI: 10.3390/ijms21165695.

Christie W.W. Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gas-chromatography A reappraisal // J. Chromatogr. — 1988. — Vol. 447, Iss. 2. — P. 305–314. DOI: 10.1016/0021-9673(88)90040-4.

Da Silva M.S., Julien P., Perusse L. et al. Natural rumen-derived trans fatty acids are associated with metabolic markers of cardiac health // Lipids. — 2015. — Vol. 50(9). — P. 873–888. DOI: 10.1007/s11745-015-4055-3.

Fernandes C.E., da Silva Vasconcelos M.A., de Almeida Ribeiro M. et al. Nutritional and lipid profiles in marine fish species from Brazil // Food Chem. — 2014. — Vol. 160. — P. 67–71. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.03.055.

Garaffo M.A., Vassallo-Agius R., Nengas Y. et al. Fatty acids profile, atherogenic (IA) and thrombogenic (IT) health lipid indices, of raw roe of blue fin tuna (*Thunnus thynnus* L.) and their salted product “Bottarga” // Food and Nutrition Sciences. — 2011. — Vol. 2, № 7. — P. 736–743. DOI: 10.4236/fns.2011.27101.

Kocatepe D., Emin Erdem M., Keskin I. et al. Differences on lipid quality index and amino acid profiles of European Anchovy caught from different area in Turkey // Ukrainian Journal of Food Science. — 2019. — Vol. 7, Iss. 1. — P. 6–15. DOI: 10.24263/2310-1008-2019-7-1-3.

Krešić G., Vulić A., Dergestin Bačun L. et al. Nutritive composition and lipid quality indices of commercially available filleted fish // Hrana u zdravlju i bolesti: znanstveno-stručni časopis za nutricionizam i dijetetiku. — 2019. — Vol. 8, № 1. — P. 67–73.

Laggai S., Simon Y., Ransweiler T. et al. Rapid chromatographic method to decipher distinct alterations in lipid classes in NAFLD/NASH // World J. Hepatol. — 2013. — Vol. 5, Iss. 10. — P. 558–567. DOI: 10.4254/wjh.v5.i10.558.

Perna M., Hewlings S. Saturated Fatty Acid Chain Length and Risk of Cardiovascular Disease: A Systematic Review // Nutrients. — 2022. — Vol. 15, № 1. — P. 30. DOI: 10.3390/nu15010030.

Pleadin J., Lešić T., Krešić et al. Nutritional quality of different fish species farmed in the Adriatic Sea // Ital. J. Food Sci. — 2017. — Vol. 29, № 3. — P. 537–549.

Rincón-Cervera M.Á., González-Barriga V., Romero J. et al. Quantification and distribution of omega-3 fatty acids in south pacific fish and shellfish species // Foods. — 2020. — Vol. 9(2). — P. 233. DOI: 10.3390/foods9020233.

Santos-Silva J., Bessa R.J.B., Santos-Silva F. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. II Fatty acid composition of meat // Livestock Production Science. — 2002. — Vol. 77. — P. 187–194.

Schneider C.A., Rasband W.S., Eliceiri K.W. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis // Nat. Methods. — 2012. — Vol. 9, № 7. — P. 671–675.

Ulbricht T.L.V., Southgate D.A.T. Coronary heart disease: seven dietary factors // The Lancet. — 1991. — Vol. 338(8773). — P. 985–992. DOI: 10.1016/0140-6736(91)91846-m.

References

Boltnev, A.I., Zagrebelny, S.A., Zabavnikov, V.B., Klepikovskiy, R.N., Kornev, S.I., Kuznetsov, V.V., Chakilev, M.V., Bobkov, A.I., Tkachev, V.V., Peterfeld, V.A., Boltnev, E.A., Sidorov, L.K., Somov, A.G., Kuzin, A.E., Gushcherov, P.S., State of stocks and harvesting of marine mammals in Russia in 2000–2020, *Tr. Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2024, vol. 195, pp. 205–231. doi 10.36038/2307-3497-2024-195-205-231

Moshensky, A.A. and Vladykina, T.V., The basic results of studying of the medical and biological aspects of food use sea mammal group of the pinnipedia, *Pacific Medical Journal*, 2009, no. 1, pp. 67–70.

Plotnikova, E.Yu., Sinkova, M.N., and Isakov, L.K., Role of omega-3 unsaturated acids in prevention and treatment of different diseases, *Lechashchiy vrach*, 2018, no. 7, pp. 63–67.

Podkorytova, A.V., Ignatova, T.A., and Rodina, T.V., Nutritional and biological value of muscle tissue of marine mammals and their use, *Tr. Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2017, vol. 168, pp. 156–187.

Slapoguzova, Z.V., Boltnev, A.I., Abdurakhmanov, A.G., and Vafina, L.Kh., Marine mammals as raw materials for food production, *Tr. Vses. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2016, vol. 159, pp. 87–94.

Shulgina, L.V., Pavel, K.G., Timchishina, G.N., Butenko, A.R., and Yakush, E.V., Nutritional and biological value of canned fish and vegetable with Far Eastern mackerel, *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik*, 2024, vol. 18, no. 2, pp. 152–163.

Shulgina, L.V., Pavel, K.G., Timchishina, G.N., and Yakush, E.V., Canned far eastern mackerel and their functional significance, *Izvestiya Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta. Ekonomika i upravleniye*, 2024, no. 3(111), pp. 141–151. doi 10.24866/23112271/2024-3/1234

Calabrò, S., Cutrignelli, M.I., Lo Presti, V., Tudisco, R., Chiofalo, V., Grossi, M., Infascelli, F., and Chiofalo, B., Characterization and effect of year of harvest on the nutritional properties of three varieties of white lupine (*Lupinus albus* L.), *J. Sci. Food Agric.*, 2015, vol. 95, no. 15, pp. 3127–3136. doi 10.1002/jsfa.7049

Carreau, J.P. and Dubacq, J.P., Adaptation of a macro-scale method to the micro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts, *J. Chromatogr.*, 1978, vol. 151, no. 3, pp. 384–390. doi 10.1016/S0021-9673(00)88356-9

Chen, J. and Liu, H., Nutritional Indices for Assessing Fatty Acids: A Mini-Review, *Int. J. Mol. Sci.*, 2020, vol. 21, no. 16, pp. 5695. doi 10.3390/ijms21165695

Christie, W.W., Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gas-chromatography A reappraisal, *J. Chromatogr.*, 1988, vol. 447, no. 2, pp. 305–314. doi 10.1016/0021-9673(88)90040-4

Da Silva, M.S., Julien, P., Perusse, L., Vohl, C.M., and Rudkowska, I., Natural rumen-derived trans fatty acids are associated with metabolic markers of cardiac health, *Lipids*, 2015, vol. 50, no. 9, pp. 873–888. doi 10.1007/s11745-015-4055-3

Fernandes, C.E., da Silva Vasconcelos, M.A., de Almeida Ribeiro, M., Sarubbo, L.A., Andrade, S.A.C., and de Melo Filho, A.B., Nutritional and lipid profiles in marine fish species from Brazil, *Food Chem.*, 2014, vol. 160, pp. 67–71. doi 10.1016/j.foodchem.2014.03.055

Garaffo, M.A., Vassallo-Agius, R., Nengas, Y., Lembo, E., Rando, R., Maisano, R., Dugo, G., and Giuffrida, D., Fatty Acids Profile, Atherogenic (IA) and Thrombogenic (IT) Health Lipid Indices, of Raw Roe of Blue Fin Tuna (*Thunnus thynnus* L.) and Their Salted Product “Bottarga”, *Food and Nutrition Sciences*, 2011, vol. 2, no. 7, pp. 736–743. doi 10.4236/fns.2011.27101

Kocatepe, D., Emin Erdem, M., Keskin, I., Köstekli, B., and Kaya, Y., Differences on lipid quality index and amino acid profiles of European Anchovy caught from different area in Turkey, *Ukrainian Journal of Food Science*, 2019, vol. 7, no. 1, pp. 6–15. doi 10.24263/2310-1008-2019-7-1-3

Krešić, G., Vulić, A., Dergestin Bačun, L., Lešić, T., Želježić, D., and Pleadin, J., Nutritive composition and lipid quality indices of commercially available filleted fish, *Hrana u zdravlju i bolesti: znanstveno-stručni časopis za nutricionizam i dijetetiku*, 2019, vol. 8, no. 1, pp. 67–73.

Laggai, S., Simon, Y., Ransweiler, T., Kiemer, A.K., and Kessler, S.M., Rapid chromatographic method to decipher distinct alterations in lipid classes in NAFLD/NASH, *World J. Hepatol.*, 2013, vol. 5, no. 10, pp. 558–567. doi 10.4254/wjh.v5.i10.558

Perna, M. and Hewlings, S., Saturated Fatty Acid Chain Length and Risk of Cardiovascular Disease: A Systematic Review, *Nutrients*, 2022, vol. 15, no. 1, pp. 30. doi 10.3390/nu15010030

Pleadin, J., Lesic, T., Kresic, G., Baric, R., Bogdanovic, T., Oraic, D., and Zrncic, S., Nutritional quality of different fish species farmed in the Adriatic Sea, *Ital. J. Food Sci.*, 2017, vol. 29, no. 3, pp. 537–549.

Rincón-Cervera, M.Á., González-Barriga, V., Romero, J., Rojas, R., and López-Arana, S., Quantification and distribution of omega-3 fatty acids in south pacific fish and shellfish species, *Foods*, 2020, vol. 9, no. 2, pp. 233. doi 10.3390/foods9020233

Santos-Silva, J., Bessa, R.J.R., and Santos-Silva, F., Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. II Fatty acid composition of meat, *Livestock Production Science*, 2002, vol. 77, pp. 187–194.

Schneider, C.A., Rasband, W.S., and Eliceiri, K.W., NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis, *Nat. Methods*, 2012, vol. 9, no. 7, pp. 671–675.

Ulbricht, T.L.V. and Southgate, D.A.T., Coronary heart disease: seven dietary factors, *The Lancet*, 1991, vol. 338, no. 8773, pp. 985–992. doi 10.1016/0140-6736(91)91846-m

Sbornik tekhnologicheskikh instruktsiy po proizvodstvu konservov i preservov iz ryby i nerybnykh ob'yektov (Collection of technological instructions for the production of canned and preserved fish and non-fish products), St. Petersburg: Sudostroenie, 2012, vol. 2.

Sostoyaniye promyslovykh resursov Dal'nevostochnogo rybokhozyaystvennogo basseyna — 2024 (State of commercial resources of the Far Eastern fishery basin — 2024), Vladivostok: TINRO, 2024.

Dietary protein quality evaluation in human nutrition, Report of an FAO Expert Consultation, Rome: FAO, 2013, <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>.

Поступила в редакцию 17.10.2025 г.

После доработки 14.01.2026 г.

Принята к публикации 6.03.2026 г.

*The article was submitted 17.10.2025; approved after reviewing 14.01.2026;
accepted for publication 6.03.2026*

**МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ
METHODS OF INVESTIGATIONS**

Научная статья

УДК 597.552.511–135:57.087.23**DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-239-255****EDN: PMLVAJ****МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КОЛИЧЕСТВЕННОГО УЧЕТА
ПОКАТНОЙ МОЛОДИ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ
РОДА ONCORHYNCHUS В МАЛЫХ РЕКАХ САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ****А.А. Живоглядов***Сахалинский филиал ВНИРО (СахНИРО),
693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 196

Аннотация. Проведен критический анализ методических подходов, применяемых сотрудниками СахНИРО при количественном учете молоди тихоокеанских лососей *Oncorhynchus* в реках Сахалинской области. Выявлены методические и логические проблемы, снижающие воспроизводимость результатов. Показано, что использование линейной интерполяции в качестве алгоритма для расчета поправки на время при оценке распределения молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* по сечению контрольной реки в ряде случаев может приводить к появлению отрицательных скорректированных значений, не имеющих биологического смысла при наличии ненулевых фактических уловов и указывающих на выход алгоритма за пределы области его применимости. Предложены направления доработки методики, включающие формализацию вычислительных процедур, введение контроля качества на разных этапах, верификации и валидации данных. Подчеркивается, что без реализации указанных мер методика не обеспечивает стандартизацию расчетов и не может служить надежной основой для мониторинга численности молоди.

Ключевые слова: тихоокеанские лососи, реки Сахалинской области, покатная молодь, горбуша, кета, покатная миграция, методика учета, численное интегрирование, воспроизводимость, контроль качества данных

Для цитирования: Живоглядов А.А. Методологические проблемы количественного учета покатной молоди тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* в малых реках Сахалинской области // Изв. ТИНРО. — 2026. — Т. 206, вып. 1. — С. 239–255. DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-239-255. EDN: PMLVAJ.

* Живоглядов Андрей Александрович, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, zhivoglyadovaa@sakhniro.vniro.ru, ORCID 0000-0001-9955-6903.

© Живоглядов А.А., 2026

Methodological problems of quantitative assessment for downstream migrating juveniles of pacific salmon gen. *Oncorhynchus* in small rivers of the Sakhalin Region

Andrey A. Zhivoglyadov

Sakhalin branch of VNIRO (SakhNIRO),

196, Komsomolskaya Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693023 Russia

Ph.D., leading researcher, zhivoglyadovaa@sakhniro.vniro.ru, ORCID 0000-0001-9955-6903

Abstract. Methodological approaches used in the Sakhalin branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (SakhNIRO) for quantitative assessment of pacific salmon (*Oncorhynchus*) juveniles in the rivers of Sakhalin Region are analyzed critically. Methodic and logical problems are revealed that worsened the results reliability. The linear interpolation used for time correction of cross-sectional distribution for juveniles of pink salmon *Oncorhynchus gorbusha* in a control river gives sometimes unrealistic negative values when actual catches are not zero, that means the algorithm has limited applicability. Ways for methodological improvements are proposed, including formalization of computing procedures, implementation of quality control at certain stages, and data verification and validation. Without these measures implementation, the current methodology does not ensure standardization of calculations, so cannot serve as a reliable basis for monitoring the juveniles abundance.

Keywords: pacific salmon, Sakhalin, juvenile, pink salmon, chum salmon, downstream migration, assessment methodology, numerical integration, reliability, data quality control

For citation: Zhivoglyadov A.A. Methodological problems of quantitative assessment for downstream migrating juveniles of pacific salmon gen. *Oncorhynchus* in small rivers of the Sakhalin Region, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2026, vol. 206, no. 1, pp. 239–255. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2026-206-239-255. EDN: PMLVAJ.

Введение

Оценка численности мигрирующей из рек молоди — базовый элемент мониторинга эффективности воспроизводства и оценки запаса лососей Сахалинской области. В рамках ежегодных работ по отслеживанию численности молоди рода *Oncorhynchus* сотрудники СахНИРО на протяжении многих лет применяют так называемый «метод выборочных обловов на малых реках», исторически опирающийся на разработку А.Я. Таранца [1939], адаптированную к условиям Сахалинской области С.П. Воловиком [1967].

В 2010 г. была опубликована работа А.М. Каева [2010] (далее — Статья), в которой модифицированная автором методика изложена в полном виде.

Ключевое место в рассматриваемой методике, согласно Статье, занимают два этапа:

— *спецобловы (контрольный лов/обловы по сечению)* — производят для того, чтобы определить, сколько процентов мигрирующих мальков попадает в ловушку, выставленную на контрольной точке от общего числа мигрирующей через учетный створ молоди в минуту;

— *учетные (обычные) обловы* — для определения количества мигрирующей через контрольную точку молоди с определенной периодичностью, обычно один раз в 60 мин.

Поскольку при проведении контрольного лова невозможно одновременно поставить ловушки по всей ширине реки, в расчеты введен коэффициент для исключения влияния изменения ската по времени на результаты спецоблова (коэффициент k_1). Спецоблов производят с частотой 1 раз в 10 дней (при значимых изменениях уровня реки — чаще), учетные обловы ведут в режиме ночь через ночь.

Обобщенная схема проведения обловов представлена на рис. 1.

В 2011 г. А.М. Каевым данная методика (в несколько упрощенном виде) представлена в качестве методического руководства по количественному учету покатной молоди горбуши *Oncorhynchus gorbusha* и кеты *Oncorhynchus keta* в малых реках методом выборочных обловов [Каев, 2011] (далее — Методика), одобренного затем Ученым советом СахНИРО и Дальневосточным лососевым советом. В данном варианте при



Рис. 1. Обобщенная схема размещения ловушек в поперечном профиле реки при проведении учетных и специальных обловов молоди тихоокеанских лососей: № 1–5 соответствуют позициям ловушек; центральная позиция К (№ 3, красная ловушка) — контрольная точка, используемая для определения динамики миграции при учетных обловах (К) и доли облова (р) при спецобловах (K_1 – K_3), см. пояснения в разделе *Терминология*

Fig. 1. Scheme of traps mounting across a river for counting of pacific salmon juveniles: 1–5 — traps; K (red trap № 3) — control point for counting. See detailed explanation in *Terminology* section

расчетах результатов спецоблова отсутствует оценка поправочного коэффициента по времени k_t , хотя указано (п. 6.3), что в ряде случаев применение такого поправочного коэффициента (названного «специальный алгоритм») необходимо, в этих случаях следует обращаться к Статье.

Данная методика применяется в течение ряда лет в лаборатории лососевых рыб СахНИРО для расчета количественных показателей молоди тихоокеанских лососей (горбуши и кеты), мигрировавшей из рек Сахалинской области. В процессе применения методики выявлены существенные проблемы, которые препятствуют корректной оценке численности мигрирующей молоди тихоокеанских лососей.

Цель настоящей работы — дать критический анализ указанных источников, показать, где именно Методика допускает различные трактовки, осветить выявленные спорные методы расчетов, предложить шаги в части формализации вычислительных процедур, верификации и валидации получаемых результатов. Высказанные замечания относятся и к тексту Статьи, поскольку Методика в значительной степени дублирует указанную работу.

Материалы и методы

В качестве основного материала использована Методика. Наиболее внимательно анализировали основные смысловые разделы, оговаривающие порядок проведения «спецобловов по сечению» и «обычных учетных обловов», включая текстовые описания, примеры расчетов и иллюстративные схемы.

Работу А.М. Каева [2010] рассматривали как основу для Методики и как источник «специального алгоритма» для расчета временной поправки k_t .

Критерии оценки. Работа ориентирована на проверку следующих вопросов.

1. Полнота и непротиворечивость описания алгоритмов.
2. Соответствие текстовой части и иллюстраций.
3. Возможность однозначной реконструкции результата разными исполнителями по первичным данным.

Терминология. Использованы следующие определения.

Метод трапеций — в контексте данной работы вариант интегрирования, заключающийся в осреднении соседних наблюдений, умноженный на шаг по поперечнику, пересчитанный на «позиции ловушки» в случае спецоблова, либо шаг по времени в случае учетного лова.

Учетный облов — регулярный лов в контрольной точке, выполняемый для построения временного ряда интенсивности ската.

Спецоблов (контрольный лов, лов по сечению) — серия постановок ловушек по всему поперечному профилю реки, выполняемая для определения доли мигрирующей молоди, проходящей через контрольную ловушку. Далее по тексту под контрольным ловом всегда понимается специальный лов по сечению реки (спецоблов).

Позиция лова (учетная вертикаль) — конкретная точка постановки ловушки (на практике обозначается метками на размеченном фале, натянутом через створ учета).

Шаг по поперечнику, м — расстояние между соседними учетными вертикалями (позициями лова).

Позиции ловушки — отрезок длиной 0,5 м (ширина стандартной мальковой ловушки), на который, согласно Методике, следует пересчитывать расстояние между позициями лова, т.е. шаг по поперечнику.

Шаг по времени, мин — фактический интервал между соседними постановками ловушки.

Поправка на глубину (h) — множитель, учитывающий неполное перекрытие вертикального профиля реки ловушкой.

Доля облова (p) — отношение интенсивности миграции молоди в контрольной точке к общей интенсивности по сечению, полученной по квадратурной формуле.

Коррекция по времени, временная поправка (k_t) — коэффициент, вычисляемый для приведения серии обловов по сечению, выполненных при проведении контрольного лова (спецоблова), к единому референтному моменту.

«Нулевая» позиция — фиктивная точка с нулевым уловом, вводимая на границах сечения русла для корректного проведения интегрирования по ширине русла.

Контрольная точка (K) — фиксированное место установки мальковой ловушки при учетном (обычном) облове (рис. 1).

Обловы на контрольной точке (K_1) — последовательные обловы, проводимые при спецоблове на контрольной точке (K). Выполняют по следующей схеме — в начале (K_1), середине (K_2) и конце (K_3) спецоблова.

Мгновенный скат через сектор (Q_s) — расчетное количество молоди, проходящее через отдельный сектор реки в минуту.

Мгновенная миграция молоди через сечение реки Q_{Σ} — суммарное расчетное количество молоди, проходящее через все сечение реки.

Интенсивность ската (N) — количество особей молоди, проходящих через ловушку за единицу времени (экз./мин).

θ — безразмерная величина, равная произведению $k_t \Delta t$, характеризующая относительную величину временной поправки (k_t), применяемой при корректировке результатов ловов на учетных вертикалях в ходе контрольного лова (спецоблова, лова по сечению) относительно момента выполнения облова на контрольной точке (K_1).

Δt — временной интервал (в минутах) между моментом выполнения облова на контрольной точке (K_1) и моментом выполнения облова на n-й учетной вертикали в ходе контрольного (специального) лова.

Результаты и их обсуждение

При критической оценке Методики [Каев, 2011] выявлен ряд смысловых пробелов и неточностей, существенно затрудняющих понимание последовательности действий и снижающих воспроизводимость результатов. Ниже приведены наиболее, на наш взгляд, значимые.

1. Несоответствия, противоречия и неопределенности

1.1. Терминологические несоответствия

В тексте Методики [Каев, 2011] наблюдается терминологический разнобой: «метод трапеций» и «расчет площади трапеций» используются как взаимозаменяемые с действиями простого осреднения. Между тем, строго говоря, это разные подходы, хотя и близкие по смыслу. Все они являются частными случаями численного интегрирования

[Бахвалов и др., 2006], тем не менее разделение данных операций представляется важным, потому что расплывчатая трактовка термина «метод трапеций» и отождествление данного метода с расчетом площади трапеции и простым осреднением приводят к неоднозначности выбора единиц измерения.

Так, логично предположить, что после упоминания площади трапеции при дальнейших вычислениях требуется использовать линейные меры длины, однако согласно Методике [Каев, 2011] необходимо использовать пересчет на «позиции ловушек» (имеется в виду стандартная мальковая ловушка со сторонами $0,5 \times 0,5$ м), что уместно в случае интегрирования, но не в случае применения формулы расчета площади геометрических фигур. Ситуация усугубляется тем, что в текстовой части раздела 6 «Контрольный лов по сечению» разъяснения по данному поводу отсутствуют.

Единственный намек на применение «позиций ловушек» можно увидеть только в примечании к рис. 3 Методики [Каев, 2011], к которому нет никаких отсылок. В результате исполнителю приходится гадать, на что же в дальнейшем делается пересчет — на метры, сантиметры или на количество «позиций ловушек» в метре.

Следствие. На практике применение расстояния, выраженного в метрах вместо рекомендованного неявным образом в Методике шага по поперечнику, пересчитанного на количество «позиций ловушек», приводит к кратному снижению оценки количества мигрировавшей молоди.

1.2. Противоречия и неопределенности при введении «нулевых» позиций

Отсутствие четкого регламента определения «нулевых» позиций. «Нулевые», или фиктивные, позиции представляют собой обязательный элемент расчетной процедуры, гарантирующий воспроизводимость результатов и сопоставимость. Указанные фиктивные позиции замыкают поперечный профиль русла, обеспечивая проведение интеграции по всей ширине — от берега до берега контрольной реки. При их отсутствии расчет фактически ограничивается лишь зоной облова, что приводит к усечению профиля и завышению оценок численности.

Между тем в п. 6.3 Методики предписано «*ввести одну дополнительную начальную позицию «0» с нулевым уловом*», при этом в сопровождающей схеме расчетов (рис. 4) показаны две «нулевые» позиции — у обоих берегов.

Аналогичное противоречие отмечено и в п. 7 «Обычные учетные ловы»: в тексте отсутствует требование вводить «нулевые» точки, тогда как на рис. 5 их наличие четко обозначено. Таким образом, в обоих случаях исполнитель сталкивается с неопределенностью: что считать обязательным — текстовое описание или графическую часть.

Следствие. Подобные нестыковки между текстом и иллюстрациями снижают воспроизводимость расчетов и приводят к разночтениям на практике. В отсутствие единообразного регламента исполнитель оказывается перед необходимостью самостоятельно интерпретировать Методику, что увеличивает риск системных ошибок.

Отсутствие алгоритма выбора временного промежутка на «нулевых» точках. С «нулевыми» позициями связана еще одна существенная проблема. В Методике предписано вводить дополнительные точки с нулевым уловом (п. 6.3), однако отсутствует описание, каким образом задавать продолжительность облова в этом случае. Графическая часть Методики (рис. 4, 5) подразумевает наличие «нулевых» точек на границах учетного интервала (у обоих берегов или в начале/конце суточного цикла), но текст Методики не содержит алгоритма выбора временных параметров подобных фиктивных точек. Казалось бы, уместно использовать промежутки времени, равнозначные продолжительности основных обловов или спецобловов, но, к примеру, на рис. 5 Методики приведен пример, когда начальная «нулевая» точка имеет экспозицию 60 мин, а конечная — 120 мин, тогда как продолжительность основных обловов варьирует от 30 до 60 мин. Какие-либо пояснения в тексте Методики отсутствуют, выбор «фиктивной» экспозиции, очевидно,

предлагается производить самостоятельно. В результате исполнитель сталкивается с неопределенностью:

— если «нулевая» точка приписывается к моменту до первого облова, то интеграл по ночи расширяется на произвольную длительность, что может искусственно завысить оценку;

— если же «нулевая» точка располагается только в пределах фактических экспозиций, то роль граничного условия исчезает и учетный интервал сокращается.

Следствие. Отсутствие формализованного алгоритма (например, фиксированного расширения интервала на 30, 60 или 120 мин до и после облова либо привязки к астрономической границе дня и ночи, как вариант, к так называемым «гражданским сумеркам», астрономическим сумеркам и т.п.) является методическим пробелом, который снижает сопоставимость результатов. Для устранения неопределенности требуется нормативное закрепление способа задания временного положения «нулевых» точек.

1.3. Поправка на глубину (h) и ее ограничения

В ряде случаев при постановке ловушки высота водного столба превышает высоту орудия лова, в результате часть молоди может миновать створ ловушки. Для компенсации указанного момента в п. 6.3 Методики при расчетах результатов контрольного лова по сечению (спецоблова) предписана корректировка на глубину водного потока в случае, если глубина погружения ловушки превышает ее высоту. Эта поправка фактически основана на гипотезе о равномерном распределении плотности мигрирующей молоди по вертикали (линейная интерполяция).

Однако для р. Поронай (о. Сахалин) Н.П. Есаулов и Л.Н. Федорова [1963] приводят следующие данные. При прозрачности воды 2,0–10,0 см и глубине реки в месте учета 2,5 м (верхний слой — 0,5 м, средний и нижний слои — по 1,0 м) молодь горбуши распределялась в ночной период следующим образом: 30,4; 34,8; 34,8 %. При увеличении прозрачности воды до 50,0 см распределение в ночной период имело вид 47,0; 41,2; 11,8 %, т.е. в случае увеличения прозрачности водного потока распределение молоди горбуши перестало быть равномерным.

Согласно неопубликованным материалам С.А. Салмина* на р. Очепуха (о. Сахалин) в ночной период основная масса молоди скатывалась в среднем и нижнем слоях водного потока. При этом в светлые ночи отмечена тенденция молоди прижиматься ко дну, тогда как в темные ночи большая ее часть обнаруживалась в верхнем слое. К утру с увеличением освещенности в верхнем слое скат практически прекращался. Отмечено, что на вертикальное распределение молоди влияла скорость течения и наличие растительности, затеняющей поверхность воды.

Таким образом, как следует из работ сотрудников СахНИРО, вертикальное распределение молоди горбуши зависит от ряда факторов (освещенность, скорость течения, затененность участка) и не является монотонным, как предполагает гипотеза равномерного распределения молоди по вертикали.

Следствие. Поправка на глубину (h) основана на упрощенной гипотезе, не подтвержденной фактическими наблюдениями: в реальности распределение молоди по глубине изменчиво и определяется комплексом факторов. В отсутствие математического обоснования эффективность подобной корректировки остается под вопросом.

1.4. Неопределенность распределения коэффициентов доли улова в ловушке по дням учета

В действующей Методике отсутствуют указания, каким образом следует распространять коэффициенты доли уловов в ловушке, полученные по результатам спецобловов, на периоды между спецобловами. На практике исполнители вынуждены выбирать один из нескольких вариантов:

— «ступенчатая» схема — коэффициент, рассчитанный в день спецоблова, применяется неизменно до следующего спецоблова;

* Рухлов Ф.Н., Перова С.Л., Островская О.Л., Салмин С.А. Состояние запасов и воспроизводство горбуши в 1970 году : отчет о НИР / СахТИНРО. № ГР 68043088. Антоново, 1970. 30 с.

— *линейная интерполяция* — коэффициент изменяется плавно от одного спецоблова к другому;

— *смешанный подход* — часть интервала закрепляется за значением последнего спецоблова, оставшаяся часть корректируется в сторону следующего, между сменой интервалов происходит осреднение;

— *периодическое осреднение* — коэффициенты осредняются по более крупным интервалам (декадам, неделям) и применяются в сглаженном виде.

Следствие. Разнообразие возможных трактовок снижает воспроизводимость расчетов и может приводить к значительным расхождениям итоговых оценок. Для сопоставимости результатов требуется либо жестко регламентировать способ распределения коэффициентов, либо как минимум фиксировать выбранный подход в отчетных документах.

1.5. Неопределенность обработки дней без учета

Методика не содержит указаний, как рассчитывать данные за дни, когда обловы не проводили (что необходимо при режиме ночь через ночь). Если контрольную точку не меняли, стандартным решением является осреднение итоговых цифр между соседними датами учета. При этом возможны варианты:

— *простое осреднение* (базовый вариант);

— *взвешенное осреднение* с учетом экспозиции или интенсивности миграции;

— *копирование значения* ближайшей учетной ночи;

— *восстановление* по вспомогательным данным (температура, уровень воды, интенсивность миграции на других точках).

Если же контрольную точку меняли, осреднение напрямую некорректно. Возможные решения:

— *сегментный подход*: считать дни внутри каждого участка отдельно, без склейки;

— *пересчет* через переходный коэффициент при наличии перекрывающего облова;

— *нормализация* по вспомогательным данным, если перекрытия нет.

Следствие. Выбор способа обработки дней без учета существенно влияет на итоговые оценки. Для воспроизводимости необходимо регламентировать порядок осреднения и правила стыковки данных при смене точки либо четко фиксировать выбранный вариант в отчетных материалах.

1.6. Неопределенность доли уловов в ловушке при редких спецобловах

Методика не рассматривает ситуацию, когда спецобловы проводят редко или между ними возникают длительные интервалы. В подобных случаях коэффициенты доли уловов в ловушке экстраполируют на пропущенные периоды с высокой неопределенностью. Возможные варианты:

— *фиксация последнего коэффициента* — значение применяют до следующего спецоблова (или до конца периода);

— *осреднение имеющихся коэффициентов* — единичные значения осредняют по укрупненным интервалам (неделя, декада, сезон);

— *задание диапазона* — вместо единственного значения используется интервал min–max из имеющихся спецобловов.

Особый случай возникает при смене контрольной точки на фоне редких спецобловов:

— *если был перекрывающий облов* — необходимо рассчитать переходный коэффициент и уже к нему применять вышеописанные варианты;

— *если перекрытия не было* — корректная экстраполяция невозможна и данные разных точек следует трактовать как *несопоставимые сегменты*. В этом случае есть смысл итоговые оценки представлять с расширенной неопределенностью, указывая разрыв в сопоставимости.

Следствие. В случае совмещения редких спецобловов и смены контрольных точек происходит резкое снижение достоверности и воспроизводимости коэффициентов доли

от общего улова в ловушке и, как следствие, итоговых оценок. Для воспроизводимости расчетов необходимо:

1. Регламентировать минимальное число спецобловов для каждого контрольного участка.
2. При смене точки обеспечивать хотя бы один перекрывающийся облов.
3. При невозможности такой калибровки — фиксировать в отчетах наличие разрыва и представлять результаты в виде диапазонов, а не точечных оценок.

1.7. Неопределенности при аппроксимации горизонтального распределения молоди

Применение в Методике операций численного интегрирования, очевидно, предполагает линейное изменение плотности мигрирующей молоди между учетными вертикалями — так называемая кусочно-линейная интерполяция [Бахвалов и др., 2006].

Однако в реальности распределение молоди в потоке не соответствует данной гипотезе. В частности, в ряде работ описано неравномерное распределение покатников в поперечном сечении русла реки: наибольшее число молоди сосредоточено в стрежневой части потока, тогда как в прибрежье, в зоне замедленного стока, покатники встречаются единично [Гриценко, 2002; Каев, Игнатьев, 2015; Павлов и др., 2015; и др.]. Таким образом, и распределение между учетными вертикалями также не будет соответствовать линейному закону.

Данную неопределенность в Методике предполагается устранять посредством спецобловов, однако насколько указанный подход эффективен, ни в Методике, ни в Статье нет никаких оценок.

Следствие. Корректировки, заложенные в методике для компенсации неопределенностей, вызванных неравномерным распределением молоди в потоке, остаются методически не верифицированными: отсутствует математическое обоснование и оценка эффективности. Поэтому нельзя однозначно утверждать, что используемый автором метод корректировки действительно компенсирует стохастические искажения и неравномерность горизонтального распределения плотности молоди в потоке воды.

2. Математические и логические проблемы расчета временной поправки (коэффициента k_t)

Поскольку при проведении контрольного лова невозможно одновременно поставить ловушки по всей ширине реки, а интенсивность и плотность ската меняются с ходом времени, в Статье утверждается, что на этапе расчетов результатов специальных обловов необходимо ввести коэффициент (для краткости обозначенный нами как коэффициент k_t) для исключения влияния изменения ската по времени на результаты спецоблова. При этом вопрос о том, насколько такая корректировка обоснована математически, ни в Статье, ни в Методике не рассмотрен.

В Методике описание алгоритма расчета коэффициента (k_t) отсутствует, хотя в п. 6.3 указано, что в ряде случаев применение поправочного коэффициента (названного «специальный алгоритм») необходимо, и в этих случаях следует обращаться к Статье.

Поскольку в Статье ход расчета коэффициента k_t практически никак не раскрыт и обозначен только схемой на рис. 8, ниже приведена пошаговая реконструкция логики вычислений. Необходимо уточнить, что в рамках данной работы рассмотрен только вариант расчета коэффициента (k_t), явно приведенный в Статье для случая, когда интенсивность уловов последовательно снижается от K_1 к K_3 . Альтернативные варианты в Методике и Статье не формализованы и потому в данной статье не рассматриваются. Анализ представленной на рис. 8 схемы позволяет заключить, что используемый автором алгоритм основан на гипотезе о равномерном изменении интенсивности хода между последовательными контрольными обловами (линейная интерполяция), т.е. в пределах каждого временного интервала между контрольными точками (K_1-K_2 , K_2-K_3) интенсивность ската, согласно предположению автора, изменяется по прямолинейному закону.

Иными словами, для каждого временного промежутка между контрольными обловами (K_1-K_2 , K_2-K_3) строится линейный участок, на котором предполагается постоянная скорость изменения интенсивности миграции.

Вычисления выполняют в следующей последовательности:

1. Определяют исходную интенсивность ската (N_0 , экз./мин) — количество молоди, прошедшей через ловушку на каждой учетной вертикали за единицу времени (минуту). При необходимости (в случае, если глубина превышает высоту ловушки) полученную величину приводят к глубине (h).

2. Для двух соседних контрольных обловов (K_1 , K_2) с известными значениями уловов (nK_1 , nK_2) и известным временем (t_1 , t_2) определяют среднюю скорость изменения интенсивности миграции (k):

$$k_i = (nK_2 - nK_1)/(t_2 - t_1).$$

Аналогичную операцию проводят для двух других контрольных обловов (K_2 , K_3).

3. Для каждой вертикали облова, кроме контрольных точек, вычисляют время между вторым обловом в контрольной точке tK_2 и данным обловом $t_{\text{облов}}$ (Δt), мин:

$$\Delta t = tK_2 - t_{\text{облов}}.$$

4. Исходную интенсивность улова N_0 на каждой вертикали, кроме контрольных точек, корректируют с учетом вычисленного сдвига Δt , экз./мин

$$N_i = N_0 - N_0 k_i \Delta t,$$

где N_i — скорректированная интенсивность. При этом коэффициент k_i используется в нормированной (относительной) форме и отражает направление и скорость изменения интенсивности миграции.

5. Скорректированные значения улова (N_i) для соседних вертикалей складывают, делят на два и умножают на количество ловушек между ними, т.е. проводят стандартную для Методики операцию интегрирования, получая величину «мгновенного ската через сектор» (Q_s , экз./мин). При этом необходимо введение фиктивных точек с нулевым уловом (в начале и в конце сектора) для замыкания сектора облова.

6. Полученные величины по секторам суммируют, формируя величину «мгновенной миграции молоди через сечение реки» (Q_Σ , экз./мин).

В итоге получают следующую матрицу расчетов (табл. 1).

В целом алгоритм расчета временной поправки, предложенный А.М. Каевым [2010], может быть интерпретирован как кусочно-линейная интерполяция [Бахвалов и др., 2006] функции интенсивности миграции через сечение реки N_r , при которой коэффициент k_i отражает среднюю скорость изменения миграционной активности между контрольными обловами. Такая интерпретация позволяет формализовать принцип расчета данной поправки.

Примечательно, что в Статье пример расчетов приведен только для одного варианта — когда происходит равномерное падение уловов при обловах от K_1 к K_3 с небольшой кратностью, понимаемой как отношение значений интенсивности уловов в последовательных обловах (K_1, K_2, K_3) на контрольной точке К. Между тем на практике вариантов как минимум три:

- последовательное падение уловов на контрольных точках (K_1-K_3);
- последовательный рост уловов на K_1-K_3 ;
- нелинейное распределение величин уловов на K_1-K_3 .

При этом колебания уловов и кратность значений в контрольных точках, в отличие от приведенного в Статье примера, могут быть довольно существенными.

Отсутствие других примеров в Статье, судя по всему, не случайно. Как выясняется при критическом рассмотрении, формула, предложенная автором, корректна только как приближение к реальной ситуации на коротких временных интервалах, когда изменение интенсивности хода можно считать почти линейным. Как только произведение средней скорости изменения уловов в контрольных точках (k_i) на временной промежуток между

Таблица 1

Пример матрицы расчетов коэффициента (k_i) по данным, приведенным на рис. 8 Статьи

Table 1

Example of a matrix for calculation the coefficient k_i on the data presented at Fig. 8 of the Article

Контрольные точки	№ позиции	Позиция, расстояние, м	Глубина, см	Время начала	Экспозиция, мин	Улов, экз. (факт)	Улов, экз. (с учетом глубины и высоты ловушки 50 см)	Улов, экз./мин	Расстояние от предыдущей вертикали, м	Кол-во позиций ловушек между вертикалями	Период между двумя учетами в контрольной точке, мин	Простот/убыль ската за 1 мин между двумя учетами в контрольной точке, экз.	Расчет поправочного коэффициента	Время до/от второго учета в контрольной точке, мин	Скорректированные уловы, экз./мин	Скат через сектор, экз./мин	Скат через сектор, экз./мин (округленные до десятых)
K ₁	15	—	60	0:20	3	50	60,0	20,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3	1,5	5	0:30	3	3	3,0	1,0	1,5	3	—	—	—	40	0,80	1,200	1,2
	6	3,0	10	0:40	3	12	12,0	4,0	1,5	3	—	—	—	30	3,40	6,300	6,3
	9	4,5	15	0:50	3	24	24,0	8,0	1,5	3	—	—	—	20	7,20	15,900	15,9
	12	6,0	30	1:00	3	45	45,0	15,0	1,5	3	—	—	—	10	14,25	32,175	32,2
K ₂	15	7,5	60	1:10	3	40	48,0	16,0	1,5	3	50	0,080	0,005	—	16,0	45,375	45,4
	18	9,0	55	1:20	3	39	42,9	14,3	1,5	3	—	—	—	10	15,73	47,595	47,6
	21	10,5	45	1:30	3	30	30,0	10,0	1,5	3	—	—	—	20	12,0	41,595	41,6
	24	12,0	40	1:40	3	21	21,0	7,0	1,5	3	—	—	—	30	9,10	31,650	31,7
	27	13,5	20	1:50	3	9	9,0	3,0	1,5	3	—	—	—	40	4,20	19,950	20,0
K ₃	15	—	60	2:00	3	20	24,0	8,0	—	—	50	0,160	0,010	—	—	6,300	6,3
																248,0	248,2

контрольными обловами Δt превышает 1 (данную величину можно обозначить как θ), выражение в формуле принимает отрицательное значение. В ряде случаев, когда исходные уловы малы, появление отрицательных значений возможно даже до достижения $\theta = 1$. В результате расчет начинает давать «минус-уловы», которые математически допустимы, однако требуют биологической интерпретации. В частности, в прибрежных секторах такие значения могут указывать на фактическое прекращение ската в данном секторе до момента контрольного облова K_2 . В ситуациях, когда в ловушке фиксируется ненулевой фактический улов, появление отрицательных расчетных значений не имеет биологического смысла и указывает на выход расчетной схемы за пределы области применимости.

В качестве примера рассмотрим гипотетическую ситуацию, основанную на примере расчета из рис. 8 Статьи. Ограничим рассматриваемые примеры временным промежутком K_1 – K_2 . Допустим,

на контрольной точке K_1 интенсивность ската, как и в примере из Статьи, составляет 50 экз./3 мин, а через 50 мин на следующем контроле K_2 меньше, не 40 экз./3 мин, как в примере, а, например, 20 экз./3 мин. Это означает снижение интенсивности на 60 % за 50 мин, т.е. примерно на 1,2 % в минуту. Если теперь, согласно рекомендациям Статьи, применить «специальный алгоритм», то значение поправочного коэффициента при таком падении составит 0,03 (3 %), а на вертикали № 3 (где отмечен минимальный улов в пространстве K_1-K_2) получаем отрицательное значение скорректированного улова $-0,2$, при этом общее значение ската через сектор 0–3 м составит $-0,3$ («минус-улов»), что биологически бессмысленно.

Количество и величина получаемых отрицательных значений растет с увеличением кратности между уловами в контрольных точках. Так, если на K_1 фактический улов будет не 50 экз./3 мин, а, к примеру, 80 экз./3 мин, то, при условии, что на K_2 остается улов на уровне 20 экз./3 мин, временной промежуток между обловами прежний — 50 мин, уже на вертикалях № 3, 6, 9 возникнут отрицательные скорректированные значения уловов — соответственно $-1,4$, $-3,2$, $-1,6$ экз./мин, значения ската через сектора составят для сектора 0–3 м — $-2,1$, для сектора 3–6 м — $-6,9$, для сектора 6–9 м — $-7,2$ экз./мин (табл. 2).

Проиллюстрировать это можно через уже упоминавшуюся величину θ , представляющую собой безразмерный вариант произведения $k_1 \Delta t$ и характеризующую относительную величину временной поправки в пределах рассматриваемого интервала между контрольными точками K_1 и K_2 .

При умеренных различиях между контрольными уловами в K_1 и K_2 ($R \leq 2$) и коротких временных интервалах между обловами на K_2 , а также учетных вертикалях ($\Delta t \leq 10-20$ мин) значения величины θ остаются низкими ($\theta < 0,4$) (небольшие маркеры светлого цвета на рис. 2). Однако при увеличении кратности уловов до $R > 3$ и временного сдвига свыше 30–40 мин значения θ быстро возрастают (рис. 2, крупные, интенсивно окрашенные маркеры), и при относительно невысоких исходных уловах линейная формула вычисления k_1 начинает давать отрицательные скорректированные значения.

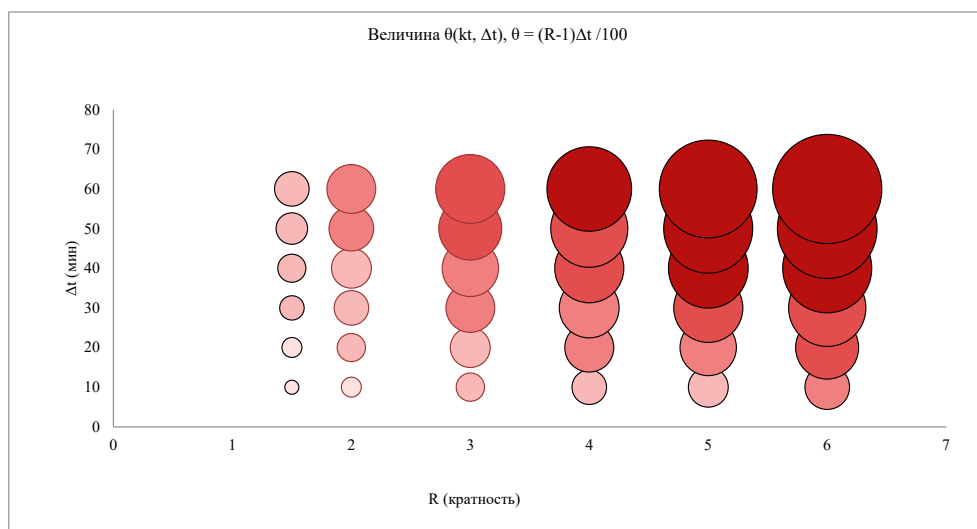


Рис. 2. Зависимость величины θ ($k_1 \Delta t$) от кратности R между обловами K_1-K_2 и временного интервала Δt между обловами на учетных вертикалях и контрольным обловом K_2 при расчете временной поправки k_1 . Размер кружков пропорционален величине $\theta = k_1 \Delta t$, интенсивность цвета отражает вероятность появления отрицательных скорректированных уловов при росте кратности R и увеличении временного интервала Δt

Fig. 2. Dependence of θ ($k_1 \Delta t$) on multiplicity R between catches K_1-K_2 and the time interval Δt between the catches at counting verticals and the control catch K_2 for calculating the temporal correction factor k_1 . Size of circles is proportional to $\theta = k_1 \Delta t$; color intensity reflects the probability of negative values for corrected catches in case of increasing multiplicity R and time interval Δt

Таблица 2

Примеры отрицательных значений, полученных при одном из вариантов расчета по «специальному алгоритму»

Table 2

Examples of negative values obtained by the algorithm with linear interpolation

Контрольные точки	№ позиции	Позиция, расстояние, м	Глубина, см	Время начала	Экспозиция, мин	Улов, экз. (факт)	Улов, экз. (с учетом глубины и высоты ловушки 50 см)	Улов, экз./мин	Расстояние от предыдущей вертикали, м	Кол-во позиций ловушек между вертикалями	Период между двумя учетами в контрольной точке, мин	Прирост/убыль ската за 1 мин между двумя учетами в контрольной точке, экз.	Расчет поправочного коэффициента	Время до/от второго учета в контрольной точке, мин	Скорректированные улов, экз./мин	Скат через сектор, экз./мин.	Скат через сектор, до десятых экз./мин (округление)
K ₁	15	–	60	0:20	3	80	96,0	32,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	3	1,5	5	0:30	3	3	3,0	1,0	1,5	3	–	–	–	40	–1,4	–2,10	–2,1
	6	3,0	10	0:40	3	12	12,0	4,0	1,5	3	–	–	–	30	–3,2	–6,90	–6,9
	9	4,5	15	0:50	3	24	24,0	8,0	1,5	3	–	–	–	20	–1,6	–7,20	–7,2
	12	6,0	30	1:00	3	45	45,0	15,0	1,5	3	–	–	–	10	6,0	6,60	6,6
K ₂	15	7,5	60	1:10	3	20	24,0	8,0	1,5	3	50	0,480	0,060	–	8,0	21,0	21,0
	18	9,0	55	1:20	3	39	42,9	14,3	1,5	3	–	–	–	10	14,3	33,45	33,5
	21	10,5	45	1:30	3	30	30,0	10,0	1,5	3	–	–	–	20	10,0	36,45	36,5
	24	12,0	40	1:40	3	21	21,0	7,0	1,5	3	–	–	–	30	7,0	25,50	25,5
	27	13,5	20	1:50	3	9	9,0	3,0	1,5	3	–	–	–	40	3,0	15,0	15,0
K ₃	15	–	60	2:00	3	20	24,0	8,0	–	–	50	0,000	0	–	–	4,50	4,5
																126,30	126,4

Таким образом, рассматриваемый «специальный алгоритм» применим в сравнительно узком диапазоне. В примере из Статьи это интервал кратности между уловами на контрольных точках не более 3 раз при временном промежутке между обловами на K₂ и обловами на учетных вертикалях не более 30–40 мин. При больших различиях и интервалах вероятность появления артефактов расчета резко возрастает (рис. 2).

Иными словами, формула, приведенная в Статье, допустима лишь как локальное приближение внутри короткого временного участка между контрольными обловами и не может рассматриваться как универсальный инструмент корректировки результатов спецоблова. Чем сильнее падает улов между контрольными точками (двукратное, трехкратное, пятикратное падение), тем через меньший временной промежуток между обловом на контрольной точке, к которой приводится расчет, и обловами на учетных вертикалях возникают отрицательные значения.

Для молодежи горбуши, динамика ската которой характеризуется существенной суточной изменчивостью, подобная схема неприемлема: при сильных колебаниях интенсивности миграции она приводит к систематическим искажениям и появлению бессмысленных с точки зрения практики значений (отрицательных уловов, «минус-уловов»).

Вероятно, именно наличие подобных артефактов не позволило автору привести примеры подсчета по рассмотренной формуле для других случаев динамики уловов в контрольных точках.

Следствие. Применение линейной интерполяции в качестве временной поправки при расчетах результатов специальных обловов допустимо лишь в пределах коротких временных интервалов и при умеренной кратности уловов между контрольными точками — не более чем в два раза. При большем расхождении между величинами уловов (в 3–5 раз и более) и увеличении временного промежутка между контрольными обловами модель, основанная на линейном изменении интенсивности, начинает давать математически корректные, но биологически бессмысленные результаты — отрицательные («минусовые») значения скорректированных уловов.

Вероятность появления подобных артефактов возрастает пропорционально кратности и амплитуде колебаний интенсивности миграции. Для молодежи горбуши, динамика миграции которой характеризуется выраженной изменчивостью, использование коэффициента k_t в предлагаемом виде в ряде случаев методически некорректно: это может исказить реальную динамику миграционного потока.

Следовательно, алгоритм расчета временной поправки, основанный на линейной интерполяции, можно рассматривать только как один из вариантов, применимый в условиях плавного изменения интенсивности ската и минимальных временных сдвигов между контрольными обловами. При более сложной динамике миграции применение данного метода расчета требует осторожной интерпретации.

3. Отсутствие методов контроля качества, верификации и валидации

В действующей Методике процедуры проверки и подтверждения достоверности данных отсутствуют. Однако для получения надежных и воспроизводимых оценок численности покатной молодежи необходимо проводить систематическую проверку качества исходных данных: верификацию, проверку методов и валидацию, проверку устойчивости расчетов и диапазона неопределенности. Подобные процедуры предусмотрены международными стандартами экологического мониторинга и прикладной гидробиологии [U.S. Environmental..., 2002*; ISO 5667-16:2017**, ISO 5667-1:2020***; Chapman, Sullivan, 2022; National Oceanic..., 2022****] и все шире применяются в отечественной экологии [Белюченко и др., 2015].

3.1. Проверка качества исходных данных

Первым этапом является проверка достоверности первичных данных — контроль корректности измерений, записей и переноса информации в расчетные таблицы.

В контексте выполняемых работ данный этап может выглядеть следующим образом:

1. Проверка заполнения полевых журналов и сопоставление с электронными формами.
2. Исключение и проверка выбросов значений, пропусков, дублированных строк, ошибок единиц измерений (м, мин, экз./мин).
3. Сверка таблиц спецобловов и учетных ловов, согласование временных рядов.

* U.S. Environmental Protection Agency (EPA). A Review of the Reference Dose and Reference Concentration Processes. Washington, DC: Risk Assessment Forum, U.S. EPA, 2002. 192 p.

** ISO 5667-16:2017. Water quality — Sampling. Part 16: Guidance on biotesting of samples. Geneva: ISO, 2017. 24 p.

*** ISO 5667-1:2020. Water quality — Sampling. Part 1: Guidance on the design of sampling programmes and sampling techniques. Geneva: ISO, 2020. 39 p.

**** National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Implementation Monitoring Guide (Tier 1 Monitoring Guide). Silver Spring, MD: U.S. Dept. of Commerce, NOAA, 2022. 84 p.

Такая ревизия позволит выявлять систематические ошибки до этапа анализа и соответствует базовым принципам контроля качества. В отечественной практике аналогичные подходы описаны в работах по статистике экологических данных [Белюченко и др., 2015; Новоселов, 2024].

3.2. Верификация распределения данных и выбор метода статистического анализа

Данный этап не является частью методики количественного учета и приведен в качестве одного из вариантов подхода к анализу данных, полученных в ходе мониторинговых работ. Временные ряды численности покатной молоди могут обладать высокой вариабельностью и автокорреляцией, что требует осознанного выбора статистических методов при их интерпретации. С учетом сказанного необходима проверка распределения данных на нормальность, от чего зависит дальнейший выбор методов.

Для временных рядов, подобных тем, что получают при проведении мониторинга миграции молоди лососей, требуется выполнить тестирование нормальности любым из известных способов (Шапиро–Уилка, Андерсона–Дарлинга, Жарке–Бера и т.п.) [Субботина, Гржибовский, 2014; Schreiber et al., 2022].

1. Если распределение близко к нормальному, корректным является применение параметрических оценок (среднее, σ , t -интервалы и т.п.).

2. При отклонениях от нормального распределения корректно применять непараметрические методы: бутстрэп-оценки, перцентильные интервалы или байесовские MCMC-модели и др. [Haas et al., 2024; McDowell et al., 2024]. Для временных рядов с автокорреляцией рекомендуются блок-бутстрэп и сглаживающие сплайны [Березовский, 2004; Бюльман, 2007].

Эти проверки позволяют исключить ошибочные выводы при сильных колебаниях интенсивности ската и повышают устойчивость расчетов.

3.3. Оценка методической чувствительности

Для оценки влияния выбранных методических допущений целесообразно включить этап проверки чувствительности. Данный этап может выглядеть следующим образом:

1. Пересчет итоговых оценок численности молоди при разных вариантах расчета (одно- или двусторонние «нулевые» позиции, с/без поправкой на глубину, наличие-отсутствие поправки на время).

2. Фиксация всех использованных допущений в журнале расчетов.

Варианты расчетов, дающие наибольшие расхождения итоговых оценок численности, определяют диапазон методической неопределенности. Такой подход соответствует рекомендациям ISO 5667-16:2017* и И.С. Белюченко с соавторами [2015].

3.4. Валидация результатов и формирование коридора достоверности

Целесообразно представлять итоговые результаты не в виде неких фиксированных оценок, а в виде «коридора достоверности», объединяющего статистическую и методическую неопределенности. Итоговые оценки могут выглядеть следующим образом:

1. Точечная оценка итоговой численности мигрировавшей молоди — базовый расчет по основным формулам Методики.

2. 95 %-ный доверительный интервал — статистическая вариабельность итоговой оценки численности молоди.

3. Диапазон чувствительности — границы между минимальным и максимальным результатом при разных сценариях расчета.

4. Итоговый коридор достоверности — объединенный диапазон, в котором с высокой вероятностью находится истинное значение.

Такое представление повышает прозрачность и сопоставимость результатов, а также позволяет объективно оценивать корректность выводов [U.S. Environmental..., 2002**; Chapman, Sullivan, 2022].

* ISO 5667-16:2017. Water quality..., 2017.

** U.S. Environmental Protection Agency (EPA)..., 2002.

Заключение

Проведенный критический разбор Методики и Статьи показал, что в существующем виде указанные источники не могут использоваться как нормативные документы при выполнении количественного учета покатной молодежи тихоокеанских лососей. Наличие системных методических ошибок практически исключает получение сопоставимых данных и воспроизводимых результатов.

К числу ключевых проблем относятся многочисленные неопределенности и разночтения в алгоритмах, а также отсутствие формализованных правил при вычислениях. Усугубляет ситуацию то, что Методика в существующем виде полностью игнорирует требования контроля качества данных, верификации методов, валидации результатов и погрешности вычислений.

Особого внимания заслуживает алгоритм расчета временной поправки (коэффициента k_t), приведенный в Статье. Фактически в данном случае используется линейная интерполяция интенсивности миграции между последовательными контрольными обловами, что предполагает постоянную скорость изменения интенсивности покатной миграции. Однако при типичных для молодежи горбуши резких колебаниях интенсивности миграции такая модель в ряде случаев ведет к появлению скорректированных отрицательных значений, некорректных с практической точки зрения.

Совокупность указанных недостатков приводит к высокой вариабельности результатов: различия итоговых оценок при выполнении расчетов разными исполнителями могут достигать кратных значений. В результате Методика не обеспечивает ни прозрачности алгоритмов, ни стандартизации расчетов и не может быть использована для получения официальных данных по численности молодежи без глубокой переработки.

Для исправления ситуации необходимо выполнить следующие шаги.

1. Разработать унифицированные цифровые шаблоны расчетных таблиц для обеспечения трассируемости данных.

2. Формализовать вычислительные процедуры (расчет шага по поперечнику, Δt , поправки на глубину h и др.) с однозначными единицами измерения и четкими алгоритмами.

3. Ввести процедуры последующего статистического анализа итоговых результатов, направленные на оценку вариабельности и устойчивости.

4. Ввести обязательные процедуры верификации, валидации и контроля качества.

Без реализации указанных мер Методика останется внутренне противоречивым и нефункциональным документом, применение которого ведет к получению недостоверных и непроверяемых результатов.

Благодарности (ACKNOWLEDGEMENTS)

Автор выражает благодарность рецензентам за ценные замечания, способствовавшие улучшению рукописи, а также всем сотрудникам СахНИРО, принимавшим участие в полевых работах и обсуждении результатов.

The author is grateful to all colleagues in SakhNIRO who took part in the field surveys and discussed the results, and to anonymous reviewers of the manuscript for their valuable comments.

Финансирование работы (FUNDING)

Работа выполнена в рамках бюджетного финансирования.

The study had budget funding.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Все приемлемые национальные, институциональные и международные этические принципы соблюдены. Автор заявляет, что у них нет конфликта интересов.

All applicable national, institutional and international ethical guidelines are implemented. The author declares that he has no conflict of interests.

Список литературы

- Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М.** Численные методы : учеб. пособие. — 4-е изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. — 636 с.
- Белюченко И.С., Смагин А.В., Попок Л.Б., Попок Л.Е.** Анализ данных и математическое моделирование в экологии и природопользовании : учеб. пособие. — Краснодар : КубГАУ, 2015. — 313 с.
- Березовский М.В.** Сглаживающие изогеометрические и робастные сплайны: методы и алгоритмы : дис. ... канд. техн. наук. — Новосибирск, 2004. — 167 с.
- Бюльман П.** Бутстрап-схемы для временных рядов // Квантиль. — 2007. — № 3. — С. 37–56.
- Воловик С.П.** Методы учета и некоторые особенности поведения покатной молоди горбуши в реках Сахалина // Изв. ТИНРО. — 1967. — Т. 61. — С. 104–117.
- Гриценко О.Ф.** Проходные рыбы острова Сахалин (систематика, экология, промысел) : моногр. — М. : ВНИРО, 2002. — 248 с.
- Есаулов Н.П., Федорова Л.Н.** Некоторые особенности ската молоди лососей в реках Сахалина // Рыб. хоз-во. — 1963. — № 12. — С. 18–20.
- Каев А.М.** Методические аспекты количественного учета покатной молоди лососей в реках Сахалино-Курильского региона // Изв. ТИНРО. — 2010. — Т. 162. — С. 194–206. EDN: NDOQSF.
- Каев А.М.** Методическое руководство по количественному учету покатной молоди горбуши и кеты в малых реках методом выборочных обловов. — Южно-Сахалинск : СахНИРО, 2011. — 16 с.
- Каев А.М., Игнатьев Ю.И.** О распределении покатной молоди горбуши в потоке небольшой сахалинской реки // Изв. ТИНРО. — 2015. — Т. 180. — С. 93–98. EDN: TUERYZ.
- Новоселов А.С.** Статистические методы в экологии : учеб.-метод. пособие. — Вологда : ВоГУ, 2024. — 67 с.
- Павлов Д.С., Кириллов П.И., Кириллова Е.А., Черешкевич Ф.Г.** Покатная миграция молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) в реке Малая Хузи (северо-восток острова Сахалин) // Биология внутренних вод. — 2015. — № 4. — С. 64–75. DOI: 10.7868/S0320965215040129.
- Субботина А.В., Гржибовский А.М.** Описательная статистика и проверка нормальности распределения количественных данных // Экология человека. — 2014. — № 2. — С. 51–57. EDN: RYIEVZ.
- Таранец А.Я.** Исследование нерестилищ кеты и горбуши в р. Иски // Рыб. хоз-во. — 1939. — № 12. — С. 14–18.
- Chapman D.V., Sullivan T.** The role of water quality monitoring in the sustainable use of ambient waters // One Earth. — 2022. — Vol. 5, № 2. — P. 132–137. DOI: 10.1016/j.oneear.2022.01.008. EDN: HVODQB.
- Haas C., Thumser P.K., Hellmair M et al.** Monitoring of Fish Migration in Fishways and Rivers — the Infrared Fish Counter “Riverwatcher” as a Suitable Tool for Long-Term Monitoring // Water. — 2024. — Vol. 16, № 477. — P. 1–15. DOI: 10.3390/w16030477. EDN: HQXTMX.
- McDowell R.W., Noble A., Kittridge M. et al.** Monitoring to detect changes in water quality to meet policy objectives // Sci. Rep. — 2024. — Vol. 14, № 1914. — P. 1–13. DOI: 10.1038/s41598-024-52512-7. EDN: YQYCQT.
- Schreiber S.G., Schreibe S., Tanna R.N. et al.** Statistical tools for water quality assessment and monitoring in river ecosystems — a scoping review and recommendations for data analysis // Water Quality Research Journal. — 2022. — Vol. 57, № 1. — P. 40–57. DOI: 10.2166/wqrj.2022.028. EDN: KTVTXT.

References

- Bakhvalov, N.S., Zhidkov, N.P., and Kobelkov, G.M.,** *Chislennyye metody* (Numerical methods), 4th ed., Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2006.
- Belyuchenko, I.S., Smagin, A.V., Popok, L.B., and Popok, L.Ye.,** *Analiz dannykh i matematicheskoye modelirovaniye v ekologii i prirodopol'zovanii* (Data analysis and mathematical modeling in ecology and nature management), Krasnodar: Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet, 2015.

- Berezovsky, M.V.**, Smoothing isogeometric and robust splines: methods and algorithms, *Cand. Sci. (Tech.) Dissertation*, Novosibirsk, 2004.
- Bühlmann, P.**, Bootstraps for time series, *Statistical Science*, 2002, vol. 17, no. 1, pp. 52–72.
- Volovik, S.P.**, Methods of accounting and some features of the behavior of downstream pink salmon juveniles in the Sakhalin rivers, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1967, vol. 61, pp. 104–117.
- Gritsenko, O.F.**, *Prokhodnye ryby ostrova Sakhalin (sistematika, ekologiya, promysel)* (Diadromous Fishes of Sakhalin (Systematics, Ecology, Fisheries)), Moscow: VNIRO, 2002.
- Esaulov, N.P. and Fedorova, L.N.**, Patterns of seaward migration of salmonid fish juveniles in the rivers of Sakhalin, *Rybn. Khoz.*, 1963, no. 12, pp. 18–20.
- Kaev, A.M.**, Methodic aspects for quantitative count of fry salmon downstream migrants in the rivers of Sakhalin-Kuril Region, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2010, vol. 162, pp. 194–206. EDN: NDOQSF
- Kaev, A.M.**, *Metodicheskoye rukovodstvo po kolichestvennomu uchetu pokatnoy molodi gorbushi i kety v malykh rekakh metodom vyborochnykh oblovov* (A methodological guide to the quantitative registration of downstream juvenile pink and chum salmon in small rivers by the method of selective fishing), Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO, 2011.
- Kaev, A.M. and Ignatyev, Yu.I.**, On distribution of migratory fry of pink salmon in the stream of a small Sakhalin river, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2015, vol. 180, pp. 93–98. EDN: TUERYZ
- Novoselov, A.S.**, *Statisticheskiye metody v ekologii* (Statistical methods in ecology), Vologda: Vologodskiy gosudarstvennyy universitet, 2024.
- Pavlov, D.S., Kirillov, P.I., Kirillova, E.A., and Chereshevich, F.G.**, Downstream migration of fry of pink salmon *Oncorhynchus gorbusha* (Walbaum) in the Malaya Huzi River (northeastern Sakhalin), *Inland Water Biology*, 2015, vol. 8, no. 4, pp. 384–394. doi 10.1134/S1995082915040124
- Subbotina, A.V. and Grjibovski, A.M.**, Descriptive statistics and normality testing for quantitative data, *Ekologiya cheloveka*, 2014, no. 1, pp. 51–57. EDN: RYIEVZ
- Taranets, A.Ya.**, A study of spawning grounds of chum and pink salmon in the Iski River, *Rybn. Khoz.*, 1939, no. 12, pp. 14–18.
- Chapman, D.V. and Sullivan, T.**, The role of water quality monitoring in the sustainable use of ambient waters, *One Earth*, 2022, vol. 5, no. 2, pp. 132–137. doi 10.1016/j.oneear.2022.01.008. EDN: HVODQB
- Haas, C., Thumser, P.K., Hellmair, M., Pilger, T.J., and Schletterer, M.**, Monitoring of Fish Migration in Fishways and Rivers — the Infrared Fish Counter “Riverwatcher” as a Suitable Tool for Long-Term Monitoring, *Water*, 2024, vol. 16, no. 477, pp. 1–15. doi 10.3390/w16030477. EDN: HQXTMX
- McDowell, R.W., Noble, A., Kittridge, M., Ausseil, O., Doscher, C., and Hamilton, D.P.**, Monitoring to detect changes in water quality to meet policy objectives, *Sci. Rep.*, 2024, vol. 14, no. 1914, pp. 1–13. doi 10.1038/s41598-024-52512-7. EDN: YQYCQT
- Schreiber, S.G., Schreibe, S., Tanna, R.N., Roberts, D.R., and Arciszewsk, T.J.**, Statistical tools for water quality assessment and monitoring in river ecosystems — a scoping review and recommendations for data analysis, *Water Quality Research Journal*, 2022, vol. 57, no. 1, pp. 40–57. doi 10.2166/wqrj.2022.028. EDN: KTVTXT
- Rukhlov, F.N., Perova, S.L., Ostrovskaya, O.L., and Salmin, S.A.**, *Otchet Nauchno-Issled. Rab. “Sostoyaniye zapasov i razmnozheniye gorbushi v 1970 godu»* (Res. Rep. “Status of stocks and reproduction of pink salmon in 1970»), Available from SakhTINRO, 1970, Antonovo, no. GR 68043088.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), A Review of the Reference Dose and Reference Concentration Processes*, Washington, DC: Risk Assessment Forum, U.S. EPA, 2002.
- ISO 5667-16:2017. Water quality — Sampling, Part 16: Guidance on biotesting of samples*, Geneva: ISO, 2017.
- ISO 5667-1:2020. Water quality — Sampling, Part 1: Guidance on the design of sampling programmes and sampling techniques*, Geneva: ISO, 2020.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Implementation Monitoring Guide (Tier 1 Monitoring Guide)*, Silver Spring, MD: U.S. Dept. of Commerce, NOAA, 2022.

Поступила в редакцию 2.12.2025 г.

После доработки 5.03.2026 г.

Принята к публикации 6.03.2026 г.

The article was submitted 2.12.2025; approved after reviewing 5.03.2026;
accepted for publication 6.03.2026