ISSN 2072-8212

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography

ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ КАМЧАТКИ И СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА

Научный рецензируемый журнал

Выпуск 65
2022

THE RESEARCHES OF THE AQUATIC BIOLOGICAL RESOURCES OF KAMCHATKA AND THE NORTH-WEST PART OF THE PACIFIC OCEAN

Scientific peer-reviewed journal

Vol. 65
2022

Главный редактор: д.б.н. А.В. Бугаев, зам. руководителя Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия)
Ответственный секретарь: М.В. Варкентин, зав. издательством Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия)

Редакционная коллегия:

д.б.н. А.М. Орлов, главный научный сотрудник Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (Москва, Россия),
д.б.н. Т.И. Булгакова, главный научный сотрудник, ФГБНУ «ВНИРО» (Москва, Россия),
д.б.н. А.М. Токранов, главный научный сотрудник КФ ТИГ ДВО РАН (Петропавловск-Камчатский, Россия),
д.б.н. В.И. Карпенко, профессор кафедры КамчатГТУ (Петропавловск-Камчатский, Россия),
д.б.н. А.М. Бурдин, старший научный сотрудник КФ ТИГ ДВО РАН (Петропавловск-Камчатский, Россия),
д.б.н. П.А. Балыкин, главный научный сотрудник ЮНЦ РАН (Ростов-на-Дону, Россия),
д.б.н. А.М. Каев, главный научный сотрудник Сахалинского филиала ВНИРО («СахНИРО») (Южно-Сахалинск, Россия),
д.б.н. Т.А. Клочкова, профессор кафедры КамчатГТУ (Петропавловск-Камчатский, Россия),
д.т.н. О.М. Лапшин, ООО «АКВАРОС» (Москва, Россия),
д.б.н. О.А. Юнев, ведущий научный сотрудник ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН» (Севастополь, Россия),
к.б.н. Е.А. Шевляков, зав. отделом Тихоокеанского филиала ВНИРО («ТИНРО») (Владивосток, Россия),
к.б.н. С.Л. Рудакова, зам. начальника отдела ФГБНУ «ВНИРО» (Москва, Россия),
к.т.н. М.Н. Коваленко, советник Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),
к.б.н. Н.Ю. Шпигальская, руководитель Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),
к.б.н. М.В. Коваль, вед. научный сотрудник Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),
к.б.н. Е.В. Лепская, зав. лабораторией Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),
к.б.н. А.И. Варкентин, зам. руководителя Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),
к.б.н. С.И. Корнев, зав. лабораторией Камчатского филиала ВНИРО («КамчатНИРО») (Петропавловск-Камчатский, Россия),
к.физ.-мат.н. И.М. Белкин, Университет Род-Айленда (США).

УДК 639.2.053.7(268.4)

Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Научный рецензируемый журнал. Вып. 65. 2022. 98 с.

Объектами исследований являются морские анадромные и пресноводные рыбы, промысловые беспозвоночные, морские млекопитающие, а также условия обитания видов. Рассматриваются проблемы структуры сообществ, дифференциации популяций, ихтиологии, экологии, трофологии, физиологии, гидробиологии, паразитологии, гидрологии и гидрохимии, рыбного хозяйства и экономики. Включенные в журнал работы будут интересны ихтиологам, гидробиологам, экологам, паразитологам, студентам биологических факультетов вузов, работникам рыбохозяйственных организаций, а также всем, кто связан с освоением, охраной и воспроизводством биологических ресурсов северо-западной части Тихого океана.

The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean. Scientific peer-reviewed journal. Vol. 65. 2022. 98 p.

The objects of the researches made include marine, anadromous and freshwater fish species, commercial invertebrates, marine mammals and the habitats. The issues analyzed concern the structure of the communities, the differentiation of the populations, fish biology, ecology, trophology, physiology, hydrobiology, parasitology, hydrology and hydrochemistry fisheries and economics have analyzed. The articles selected in this collection are expected to be interesting for a wide circle of fish biologists, hydrobiologists, ecologists, students of high school and many other people working in the fishery institutions, i.e. to everyone whose activity might be connected to the exploration, protection and sustainable management of the aquatic biological resources in the north-west part of the Pacific Ocean.

© КамчатНИРО, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Вып. 65, 2022

Оригинальные научные статьи

Н.П. Сергеева, А.И. Варкентин. Половое созревание, шкала стадий зрелости гонад и половой цикл тихоокеанской наваги *Eleginus gracilis*, Tilesius (Gadiformes, Gadidae) 5

Э.Р. Ившина, А.В. Метленков. Некоторые данные по промыслу, распределению и размерному составу дальневосточной наваги *Eleginus gracili*s Tilesius, 1810 у Южных Курильских островов 26

М.Г. Фельдман, А.В. Бугаев, О.Б. Тепнин. Результаты использования климато-океанологических предикторов для модели случайного леса (Random Forest) в целях прогнозирования динамики численности подходов горбуши Западной Камчатки 42

А.В. Бугаев, Ю.Н. Амельченко, В.А. Рябчун, О.В. Фролов. Оценка влияния любительского рыболовства на запасы и биологическое состояние корюшки азиатской зубастой *Osmerus dentex* в зимне-весенний период в озерах Нерпичье и Калыгирь (Восточная Камчатка) 52

Е.И. Кальченко, Т.Н. Травина, М.А. Походина, Н.А. Растягаева, А.А. Попков. Оценка качества макрозообентоса в реке Большой (Западная Камчатка) в связи с нерестовыми заходами производителей тихоокеанских лососей 66

С.В. Загребельный. Оценка влияния белых медведей на группировку тихоокеанских моржей на лежбище мыса Ванкарем в летне-осенний период в 2017–2021 гг. 80

CONTENTS

Vol. 65, 2022

Full Articles

Nadezhda P. Sergeeva, Alexander I. Varkentin. Maturation, scale of gonad maturation stages and reproductive cycle of Pacific saffron cod *Eleginus gracilis*, Tilesius (Gadiformes, Gadidae) 5

Elsa R. Ivshina, Aleksey V. Metlenkov. Some data on the fishery, distribution and size composition of saffron cod *Eleginus gracilis* Tilesius, 1810 near the Southern Kuril Islands 26

Mark G. Feldman, Alexandr V. Bugaev, Oleg B. Tepnin. Results of using climate-oceanological predictors in a Random Forest model for the forecast of stock abundance dynamics of pink salmon runs in Western Kamchatka 42

Alexandr V. Bugaev, Yury N. Amelchenko, Veronika A. Ryabchun, Oleg V. Frolov. Assessment of the effects of amateur fishing on the stock and biological state of Asian toothed smelt *Osmerus dentex* in winter-spring period in the lakes Nerpichye and Kalygir (East Kamchatka) 52

Elena I. Kalchenko, Tatiana N. Travina, Maria A. Pokhodina, Nadezhda A. Rastyagaeva, Alexander A. Popkov. Assessment of macrozoobenthos quality in the Bolshaya River (Western Kamchatka) in connection with escapements of pacific salmon spawners 66

Sergey V. Zagrebelniy. Assessment of the impact of polar bears on the grouping of pacific walruses at the Cape Vankarem rookery during the summer-autumn period in 2017–2021 80

Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2022. Вып. 65. С. 5–25.
The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean. 2022. Vol. 65. P. 5–25.
ISSN 2072-8212 (print), ISSN 2782-6236 (online)

Научная статья / Original article
УДК 597.555.5
doi:10.15853/2072-8212.2022.65.5-25



ПОЛОВОЕ СОЗРЕВАНИЕ, ШКАЛА СТАДИЙ ЗРЕЛОСТИ ГОНАД И ПОЛОВОЙ ЦИКЛ ТИХООКЕАНСКОЙ НАВАГИ *ELEGINUS GRACILIS*, TILESIUS (GADIFORMES, GADIDAE)

Сергеева Надежда Петровна, Варкентин Александр Иванович

Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), Петропавловск-Камчатский, Россия, sergeeva.n.p@kamniro.ru, varkentin.a.i@kamniro.ru

Аннотация. Проанализирована динамика размеров, массы гонад и гонадосоматического индекса по мере созревания, выяснена размерная структура и состояние ооцитов наваги в яичниках разных стадий зрелости; показан половой цикл наваги; приводится шкала стадий зрелости гонад.

Ключевые слова: тихоокеанская навага, гонады, ооциты, фазы развития, стадии зрелости, шкала, половой цикл

Благодарности: авторы статьи искренне благодарят заместителя руководителя Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» А.В. Буслова — организатора работ по исследованию закономерностей полового созревания тресковых рыб в КамчатНИРО, сотрудников лаборатории морских рыб за помощь в сборе материалов. Особую благодарность выражаем сотруднику лаборатории эстуарных и прибрежных экосистем С.Б. Городовской за помощь в изготовлении препаратов гистологических срезов и ценные консультации.

Для цитирования: Сергеева Н.П., Варкентин А.И. Половое созревание, шкала стадий зрелости гонад и половой цикл тихоокеанской наваги *Eleginus gracilis*, Tilesius (Gadiformes, Gadidae) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2022. № 65. С. 5–25.

MATURATION, SCALE OF GONAD MATURATION STAGES AND REPRODUCTIVE CYCLE OF PACIFIC SAFFRON COD *ELEGINUS GRACILIS*, TILESIUS (GADIFORMES, GADIDAE)

Nadezhda P. Sergeeva, Alexander I. Varkentin

Kamchatka Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, sergeeva.n.p@kamniro.ru, varkentin.a.i@kamniro.ru

Abstract. Gonad size and weight dynamics and gonad-somatic index in the course of maturation have been analyzed, size structure and condition of oocytes of Pacific saffron cod at different stages of ovary maturation has been clarified. Reproductive cycle has been demonstrated, and scale of gonad maturation stages has provided.

Keywords*:* saffron cod, gonads, oocytes, development phases, maturation stages, scale, reproductive cycle

Acknowledgements: the authors sincerely thank the Deputy Head of the Pacific Branch of VNIRO A.V. Buslov, who organized the work on the study of the patterns of sexual maturation of cod fish in KamchatNIRO, employees of the laboratory of marine fish for their help in collecting the materials. We are especially grateful to the employee of the Laboratory of Estuary and Coastal Ecosystems S.B. Gorodovskaya for her help in preparation of histological sections and valuable consultations.

For citation: Sergeeva N.P., Varkentin A.I. Maturation, scale of gonad maturation stages and reproductive cycle of Pacific saffron cod *Eleginus gracilis*, Tilesius (Gadiformes, Gadidae) // The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean. 2022. Vol. 65. P. 5–25. (In Russian)

Исследование закономерностей полового созревания рыб имеет важное значение для выяснения многих популяционных параметров, которые основаны на выявлении визуальных характеристик репродуктивных органов, особенностей развития гамет. В тесной связи с характером развития половых клеток и с особенностями оогенеза у рыб сформирован определенный тип икрометания. По мере развития половых клеток изменяются внешний облик и размеры гонад. Такие связи позволяют составлять шкалы зрелости половых желез, что особенно важно для промысловых видов рыб. Стадии зрелости, кроме визуальных признаков,

© Сергеева Н.П., Варкентин А.И., 2022

характеризуют такие показатели, как размеры и масса гонад, гонадосоматический индекс (ГСИ), размеры ооцитов.

Изучению оогенеза тихоокеанской наваги уделялось гораздо меньшее внимание, чем другим представителям тресковых. Сведения о строении и размерах яйцеклеток можно почерпнуть в немногочисленных работах (Иванков, 1987; Дроздов, Иванков, 2000; Chan et al., 2005). Исследователи, в основном, уделяли внимание строению яиц и качественным различиям при прохождении разных фаз развития периодов вителлогенеза и созревания. Лишь в последней упомянутой работе характеризуются гаметы разных фаз развития, включая превителлогенные ооциты, а стадии развития гонад самок и самцов наваги определены исходя из качественного состояния лидирующих половых клеток, что невозможно осуществить визуально. В результате, авторы рекомендовали использовать 8 стадий развития яичников и 5 стадий развития семенников.

О размерах ооцитов тихоокеанской наваги известно лишь в связи с оценкой плодовитости (IV, IV–V стадии зрелости) (Сафронов, 1986; Трофимов, 2009). Сведений о размерной структуре ооцитов в яичниках других стадий зрелости не встречено.

Для беломорской наваги (*Eleginus navaga*) составлена 6-балльная шкала зрелости гонад (I(J), II, III, IV, V, VI–II), в которой кратко описан внешний вид желез (с фотоизображением) и указывается состав половых клеток соответственно периодам и фазам их развития (Строганов, Жукова, 2020).

Публикации визуальной шкалы зрелости тихоокеанской наваги в литературе не встречено. В КамчатНИРО используется неопубликованная 5-балльная шкала стадий зрелости гонад наваги (II, III, IV, V, VI), предоставленная автором И.К. Трофимовым, где кратко описывается внешний вид яичников и семенников. На практике, кроме упомянутых стадий, в разные годы наблюдатели фиксировали ювенальных особей, VI–II и переходные стадии. Однако проблемы визуального определения некоторых стадий зрелости гонад существуют. Так, в весенне-летний период в «полевых» условиях трудно без дополнительных цитологических исследований отделить рыб II стадии зрелости от VI–II (т. е. являются ли рыбы с гонадами, определенными II стадией зрелости, половозрелыми (принимавшими участие в нересте) или они будут участвовать в предстоящем нересте впервые). Наблюдатели в этом случае руководствуются 6-балльной универсальной шкалой (Сакун, Буцкая, 1963; Макеева, 1992), в которой II стадия объединяет всех рыб с незрелыми гонадами (неполовозрелых и принимавших участие в нересте). Очевидно, что такая ситуация складывается в Карагинском заливе, где по многолетним наблюдениям в апреле–июле в размерной группе 30–35 см среди самцов доля II стадии составляла 52%, а среди самок — 61%, тогда как есть сведения, что доля зрелых рыб при таких размерах превышает 90% (Трофимов, 2009).

Основное внимание уделялось сопоставлению внешнего вида желез, размерной структуры ооцитов. Анализ срезов привлечен как подтверждение той или иной стадии зрелости яичников. Для описания состояния желез самцов использованы литературные данные.

Работа подготовлена с целью выяснения особенностей оогенеза, а также уточнения шкалы визуального определения стадий зрелости гонад с четкими критериями, позволяющими различать в «полевых» условиях самок и самцов с гонадами на разных стадиях зрелости.

Для ее достижения были поставлены конкретные задачи: рассмотреть особенности созревания наваги в онтогенезе; исследовать структуру полового цикла; показать изменения размерной структуры ооцитов в яичниках разных стадий зрелости; указать закономерности сперматогенеза; разработать шкалы стадий зрелости гонад самцов и самок, пригодные для использования в «полевых» условиях.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалами для исследования послужили свежевыловленные особи тихоокеанской наваги из Авачинского залива (включая Авачинскую губу) в разные месяцы 2004–2010 гг. В заливе она встречалась в снюрреводных уловах, в губе навагу облавливали удами рыбаки-любители, а из неводных уловов рыб покупали на рынке.

Для оценки состояния рыб учитывали индивидуальную длину, массу, пол, состояние зрелости гонад, возраст. Длину рыб измеряли с точностью до 0,1 см, массу — до 1 г (у сеголетков — до 0,001 г). Гонады и печень взвешивали на электронных весах с точностью до 0,001 г. Стадии зрелости гонад наваги оценивали по 6-балльной шкале (Сакун, Буцкая, 1963).

ГСИ рассчитывали как процентное отношение массы гонад к массе тушки.

Гистологические срезы яичников выполнены на материалах, собранных из разных районов: в Охотском море — из уловов разноглубинным тралом в январе–марте и июле 2004 г., в бух. Оссора — из вентерных уловов в январе–феврале, срезы гонад молоди анализировали из удебных и неводных уловов в Авачинской губе.

Для уточнения визуального определения стадий зрелости яичников, анализа размерной структуры ооцитов кусочки свежих гонад всех рыб рассматривали под бинокуляром. Из средней части гонады брали фрагмент величиной не более 0,5 г и помещали на предметное стекло. Добавляли 1–2 капли воды и, по возможности, равномерно распределяли ооциты на стекле с помощью скальпеля и препаровальной иглы. Затем просматривали под бинокулярным микроскопом Olympus CH-2 (объектив 4×) или бинокуляром Olympus SZH10 с регулируемым увеличением от 2× до 3× (объектив GWH10X-D). Отмечали наличие клеток, характерных для периодов оогенеза: прозрачные с желтоватым оттенком, желтковые, овулированные, фолликулярные оболочки. С помощью фотокамеры делали фотографии ооцитов под микроскопом (стадии II, II–III, III, IV, V, VI, VI–II) при увеличении 4×. В яичниках всех самок измеряли наибольший диаметр трех превителлогенных яйцеклеток (объектив 4×) с помощью цифровой камеры для микроскопа (DCM35 (350K pixels, USB2.0)). Цену деления шкалы на экране монитора определяли с помощью окуляр-микрометра. У части самок с гонадами на стадиях зрелости от II–III до V измеряли диаметры не менее 50 ооцитов периода вителлогенеза, фаз созревания, а у неполовозрелых — все ооциты, отображенные на экране, число которых варьировало от 41 до 162 шт. В таблице 1 показан объем материала, использованный для характеристики размерной структуры ооцитов. Количество анализируемых рыб разных стадий зрелости указано в соответствующих таблицах.

Для характеристики особенностей гаметогенеза самок наваги и изучения строения яйцеклеток в гонадах разных стадий зрелости применяли гистологические методики. Собранные и фиксированные в жидкости Буэна фрагменты гонад самок подвергали стандартной обработке (Елисеев, 1959). Материал проводили через спирты возрастающей концентрации, хлороформ, смесь парафина-хлороформа. Срезы гонад толщиной 5–7 мкм помещали на предметное стекло и окрашивали железным гематоксилином по методике Гейденгайна (Волкова, Елецкий, 1982). Снимки срезов гонад выполняли при увеличении 4×, а отдельные характерные ооциты разных фаз и ступеней развития — при 10× и 40×.

Следует отметить, что приводимые в различных литературных источниках сведения о размерах половых клеток касаются диаметра фиксированных ооцитов либо измерений на гистологических срезах. В процессе работы измерили диаметры одних и тех же 50 желтковых ооцитов у 7 самок IV стадии зрелости до фиксации в 4%-м растворе формальдегида и спустя один месяц. Оказалось, что средний диаметр у фиксированных ооцитов на 3,8–6,6% (в среднем — 5,0%) меньше, чем до фиксации.

В представленной работе все фотографии и измерения ооцитов выполнены на «свежем» материале, без фиксации, кроме определения диаметра ооцитов разных фаз и состояний на гистологических срезах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Навага в Петропавловско-Командорской подзоне распространена на всем протяжении шельфа. Наиболее часто встречается в уловах при ведении промысла минтая в южной части Авачинского залива и у берегов Юго-Восточной Камчатки (Новикова, 2020). В 2014–2020 гг. добывалось в среднем около 34 т наваги. Судя по величине промышленных уловов, навага в упомянутой подзоне не обладает значимым запасом, однако этот вид присутствует и в уловах рыбаков-любителей в Авачинском заливе и озерах Нерпичье и Калыгирь. Популяционный статус наваги в подзоне не определен, но считается, что этот вид образует множество локальных популяций (Сафронов, 1986; Антонов, 2011).

Зимой навага подходит к берегам на малые глубины, где происходит нерест. Икрометание может проходить в лагунах и бухтах как по открытой воде, так и когда она покрыта шугой. Период нереста непродолжительный — около

Таблица 1. Количество измеренных ооцитов наваги Авачинского залива
Table 1. Number of measured oocytes of saffron cod in the Avacha Bay

Стадия зрелости / Stage of maturity	Juv	II	II–III	III	III–IV	IV	V	VI	IV–II	Всего / Total
Кол-во ооцитов / Number of oocytes	829	1088	200	534	289	347	224	–	186	3697
Кол-во рыб / Fish number	14	13	4	12	6	6	4	–	3	62

20 дней. Размножение протекает при отрицательной температуре воды (минус 1,7–1,8 °С). После нереста навага откармливается также вблизи берегов, в лиманах, бухтах, мелководных заливах. Для нагула навага предпочитает прогретые районы с глубинами не более 50 м (Сафронов, 1986; Трофимов, 2008). Осенью скопления перемещаются из прибрежной зоны на глубину (Антонов, 2011). Молодь наваги придерживается преимущественно прогретых прибрежных мелководных участков, богатых кормом, однако с похолоданием она мигрирует на большие глубины (100–200 м) или концентрируется в приустьевых участках рек с температурой воды, близкой к 0 °С (Сафронов, 1986; Трофимов, 2014).

Общие представления о развитии гамет наваги

Большинство отечественных исследователей используют схему периодизации оогенеза рыб, предложенную В.А. Мейеном (1939), согласно которой весь процесс оогенеза подразделяется на три периода: синаптенного пути, малого и большого роста. Впоследствии эта схема была детализирована Б.Н. Казанским (1949) с выделением четвертого периода — созревания. Периоды, в свою очередь, подразделяются на фазы. Этой уточненной периодизацией пользуются многие отечественные исследователи, в том числе изучающие оогенез тресковых рыб (Сорокин, 1957; Широкова, 1971, 1977; Христофоров, 1978; Лисовенко, 2000; Сергеева и др., 2011; Сергеева, Варкентин, 2016; и др.) Учитывая уровень современных знаний об оогенезе рыб, Д.А. Чмилевский (2003) представляет следующую схему развития ооцита. Весь процесс развития ооцита делится на пять периодов:

1) период митотического размножения, появление гониев;

2) период начала мейотических преобразований хромосом;

3) период протоплазматического роста, превителлогенез (фазы молодого ооцита и ооцита с однослойным фолликулом);

4) период трофоплазматического роста, вителлогенез (фазы вакуолизации цитоплазмы, первичного накопления желтка, интенсивного накопления желтка, завершающего рост ооцита);

5) период созревания (фазы миграции ядра, гомогенизации, гидратации, овуляции).

В данной работе первые два периода не рассматриваются.

В исследованиях японских ученых развитие яйцеклеток наваги от оогонии до зрелого ооцита подразделяется на 10 стадий: хроматинового ядрышка, ранняя перинуклеарная, поздняя перинуклеарная, желточных пузырьков, начальная желточная, вторичная желточная, третичная желточная, миграции ядра, предзрелая, зрелого ооцита (Chan et al., 2005). Как видно, схемы развития ооцитов отличаются лишь структурированностью: в отечественных исследованиях этот процесс делится на периоды, которые подразделяются на фазы, в иностранных — на стадии развития.

У полицикличных рыб с единовременным икрометанием, к которым относится навага (Покровская, 1960; Сафронов, 1986; Новикова, 2002), развитие ооцитов протекает по прерывистому типу, который характеризуется обособлением и ростом группы ооцитов, предназначенных к вымету, от резервного фонда клеток. Вителлогенные ооциты развиваются относительно синхронно, и после их обособления пополнения фонда не происходит вплоть до момента икрометания (Овен, 1976; Макеева, 1992; Chan et al., 2005).

У тихоокеанской наваги наблюдаются прерывистый оогенез и синхронный характер вителлогенеза и созревания ооцитов текущего фонда (Овен, 1976; Макеева, 1992; Chan et al., 2005).

Считается, что первичные половые клетки формируются на ранних этапах эмбрионального развития (Дроздов, Иванков, 2000; Чмилевский, 2003). Сначала количество их невелико. Так, у 8-суточных личинок баренцевоморской трески количество клеток составляет 5–8 (Матишов и др., 2010). Клетки начинают усиленно размножаться, образуя гонии. В этот период в яйцеклетках происходят качественные изменения: ядерные превращения, образование хромосом. В гониях, после ряда их делений, начинается синтез ДНК и превращение в ооциты. Гонии пополняют фонд половых клеток в течение всего репродуктивного периода, и, как показали исследования оогенеза балтийской трески, их число возрастает по мере роста рыбы (Широкова, 1977). Яйцеклетки периода превителлогенеза обнаруживаются уже на первом году жизни.

Яйцеклетки фазы молодого ооцита имеют асимметрично расположенное ядро. В кариоплазме появляются ядрышки, зоны локализации рибонуклеиновой кислоты становятся заметными по интенсивности окрашивания ци-

топлазмы (рис. 1А). Размеры их у разных особей не превышали 60–80 мкм.

Характерный признак перехода ооцита в фазу однослойного фолликула — образование циркумнуклеарного (перинуклеарного, периферического) кольца и существенное увеличение размеров клеток. По краю ядерной зоны располагаются ядрышки. На срезах ядро располагается в центре ооцита либо асимметрично. В начале кольцо занимает значительную часть цитоплазмы, его толщина доходит до 14 мкм, к концу фазы кольцо располагается ближе к оболочке ооцита и становится более тонким (рис. 1Б). В течение этой фазы развития происходит формирование двухслойной оболочки ооцита: внутренней желточной и внешней — фолликулярной. На срезах слои оболочки отслаивались друг от друга, создавая как бы кружевную оболочку (рис. 1Б).

Диаметр нефиксированных ооцитов, в которых впоследствии на срезах отмечали ооциты этой фазы развития, равнялся 114–228 мкм.

На отдельных срезах наблюдаются «полые образования», похожие по структуре на вакуоли (рис. 1В), но значительных размеров. Размеры вакуолей у наваги варьируют от 6,4 до 10,2 мкм (Иванков, 1987). На срезах в наиболее крупных ооцитах со сформированным кольцом диаметром более 192 мкм вблизи ядра располагались 1–5 «образований», размеры которых достигали 24 мкм. Затем число их на срезе увеличивалось, но размеры уменьшались. Когда в периферической зоне цитоплазмы ооцита с внутренней стороны кольца появляется редкая цепочка вакуо-

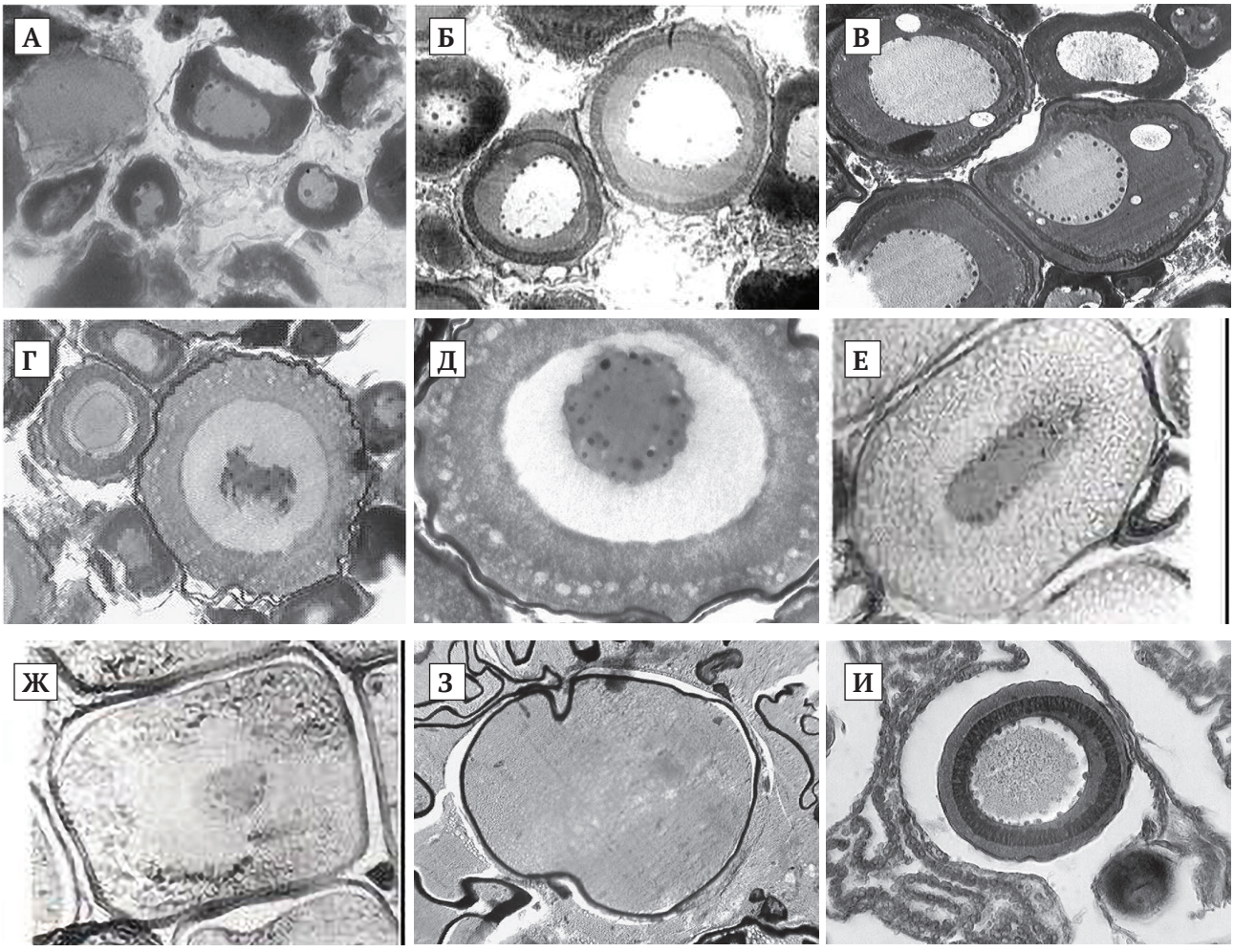


Рис. 1. Ооциты наваги разных фаз развития. А — молодые ооциты; Б — ооциты фазы однослойного фолликула; В — ооциты фазы однослойного фолликула с «образованиями»; Г — ооцит фазы вакуолизации; Д — ооцит фазы начального накопления желтка; Е — ооцит фазы интенсивного накопления желтка (Chan et al., 2005); Ж — наполненный желтком ооцит (Chan et al., 2005); З — ооцит фазы созревания; И — ооцит фазы однослойного фолликула у отнерестившейся самки

Fig. 1. Oocytes of saffron cod of different developmental phases. A – young oocytes; Б – oocytes of the single follicle phase; B – oocytes of the single follicle phase with "formations"; Г – oocyte of the vacuolization phase; Д – oocyte of the initial yolk accumulation phase; E – oocyte of the intensive yolk accumulation phase (Chan et al., 2005); Ж – yolk-filled oocyte (Chan et al., 2005); З – oocyte of the maturation phase; И – oocyte of the single follicle phase in a spent female

лей (фаза вакуолизации), эти «образования» не встречались (рис. 1Г). Подобные «образования» описаны в протоплазматических ооцитах сельди оз. Вилюй (п-ов Камчатка) (Седова и др., 2003). Авторы считают, что они являются вакуолями, возникающими вследствие начала резорбции. Мы полагаем, что эти «образования» — нормальное явление, во всяком случае, на срезах не наблюдали ооцитов этой фазы развития с признаками резорбции. Заметим, что в ооцитах минтая и трески подобных «образований» не отмечалось (Сергеева и др., 2011; Сергеева, Варкентин, 2016).

Вскоре с внутренней стороны вакуолей формируются мелкие гранулы желтка (рис. 1Д), которые постепенно заполняют весь ооцит. Ооцит проходит фазы первичного и интенсивного накопления желтка и наполненного желтком ооцита (рис. 1Е–Ж).

По достижении ооцитами последней фазы желточного накопления и увеличения до дефинитивных размеров наступает период созревания. В фазе гомогенизации в ооцитах происходит миграция ядра к анимальному полюсу и слияние гранул желтка сначала в глыбки, а в конце процесса формируется одна большая глобула (рис. 13).

В фазе гидратации наблюдается оводнение ооцита за счет внутриполостной жидкости. Цвет ооцита меняется, у наваги он становится янтарно-желтым. При этом размеры ооцитов еще более увеличиваются, фолликулярная оболочка истончается. Наконец, наступает момент, когда фолликул разрывается. Овулировавшие яйцеклетки концентрируются в овариальной полости вдоль каждой доли яичника.

В период превителлогенеза диаметр ооцитов увеличивается от 16 до 215 мкм, т. е. в 13 раз, а за период вителлогенеза — не менее чем в 3 раза (до 957 мкм). В течение фаз гидратации и овуляции размеры яиц увеличиваются в 1,5 раза.

Процесс развития мужских половых клеток включает четыре периода (Сакун, Буцкая, 1963; Макеева, 1992):

1) период размножения сперматогоний;

2) период роста (сперматогонии становятся сперматоцитами I порядка);

3) период созревания (сперматоциты делятся и превращаются в сперматиды);

4) период формирования спермиев.

А. Чэн с соавт. (Chan et al., 2005) в развитии мужских половых клеток различают шесть стадий: первичные сперматогонии, вторичные сперматогонии и сперматоциты, сперматиды, преднерестовая, нерестовая, посленерестовая (рис. 2).

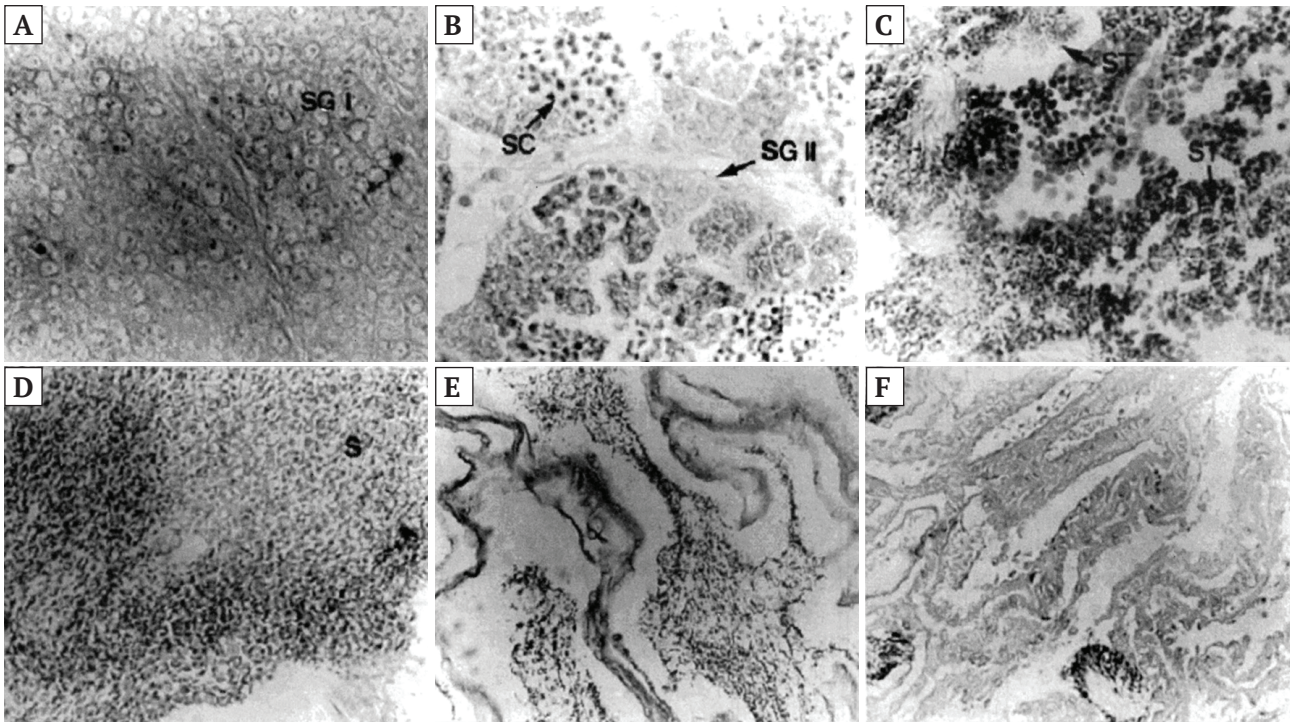


Рис. 2. Гистологические срезы семенников наваги вод о. Хоккайдо разных стадий развития (Chan et al., 2005). A — первичные сперматогонии; B — вторичные сперматогонии и сперматоциты; C — вторичные сперматоциты и сперматиды; D — преднерестовая стадия; E — нерестовая стадия; F — посленерестовая стадия

Fig. 2. Histological sections of testes of saffron cod on Hokkaido waters of different developmental stages (Chan et al., 2005). A – primary spermatogonia; B – secondary spermatogonia and spermatocytes; C – secondary spermatocytes and spermatids; D – pre-spawning stage; E – spawning stage; F – post-spawning stage

Ранее рассматривали особенности развития половых клеток у самцов другого родственного представителя дальневосточных тресковых рыб — минтая (Сергеева и др., 2011). Развитие клеток у наваги протекает аналогично минтаю. Общая схема развития такова. В период размножения происходят митотические деления сперматогониев, в результате число их в цистах (ампулах) возрастает, а размеры уменьшаются. Далее наблюдается увеличение размеров сперматогониев, их деление и превращение в сперматоциты. Затем происходят еще два деления мейоза, и образуются более мелкие клетки — сперматиды. В период формирования спермиев из каждой сперматиды развивается один сперматозоид. Затем спермии мигрируют в семенные канальцы, где происходит их разжижение и вымет спермы. Выведение спермы из семенников у рыб происходит порционно (Макеева, 1992).

Закономерности созревания наваги

Продолжительность отдельных стадий зрелости половых желез влияет на характер половых циклов. Время наступления половой зрелости зависит прежде всего от продолжительности I и II стадий зрелости, т. е. от продолжительности периода превителлогенеза (протоплазматического роста ооцитов). Продолжительность этих стадий зрелости связана со скоростью процесса протоплазматического роста ооцитов, который может различаться у родственных видов рыб. У авачинской наваги он длится немногим более года от выклева (до июля), а у трески и минтая восточнокамчатских популяций — 4–5 лет (Полутов, Токранов, 1978; Антонов, Золотов, 1987; Сергеева, Варкентин, 2016). Ежегодность нереста обеспечивается тем, что развитие половых клеток для очередного нерестового периода начинается у половозрелых рыб не с оогоний, а с ооцитов, закончивших протоплазматический рост. У половозрелых рыб всегда присутствуют ооциты этого периода развития, а также гонии, которые пополнят фонд в последующем.

Как первое, так и массовое созревание наваги Авачинской губы наступает на втором году жизни. Наименьшая длина созревающих самцов составляет 19 см, самок — 21 см. Массовое созревание первых происходит при длине 20 см, вторых — 23 см (Трофимов, Сергеева, 2014).

Самки

Состояние гонад у неполовозрелых особей

Ювенальную стадию навага проходит в течение первого года жизни. Так, у сеголеток длиной 11,1–11,8 см, пойманных в августе–сентябре у берегов Западной Камчатки, пол можно было определить только с помощью бинокуляра. Яичники парные, закрытого типа, имели вид очень тонких тяжей, прикрепленных к дорзальной стенке задней части полости тела. Основная часть яйцеклеток представлена гониями, расположенными группами. Присутствуют молодые ооциты, которые на срезе имели форму в виде овала, капли, веретена. Яйцевые пластинки не сформированы.

На начальной ступени развития находились ооциты самки наваги Авачинского залива длиной 12,5 см в июле. Все яйцеклетки имели неправильную форму. Диаметр клеток не превышал 79,8 мкм, размер ядра — 36,5 мкм. Ядро расположено асимметрично, цитоплазма интенсивно окрашена, ее слой сравнительно небольшой, в наиболее крупных клетках в слое цитоплазмы видны включения. По своей структуре и интенсивности окраски яйцеклетки соответствовали фазе молодого ооцита. Самок с яйцеклетками такого состояния В.П. Сорокин (1957) и Ф.Е. Алексеев, Е.А. Алексеева (1996) рекомендуют относить к I стадии зрелости, да и визуальное определение пола без помощи оптики едва ли возможно. Это возможно при длине 12 см и более. Размеры ооцитов у таких рыб не превышают 114 мкм, более 60% составляют ооциты размерами до 50 мкм (рис. 3).

У неполовозрелой наваги Авачинского залива масса гонад самок длиной 10,7–20,0 см изменялась от 0,03 до 0,60 г (табл. 2). ГСИ варьировал в пределах 0,3–0,8% при среднем значении 0,5%. Яичники маленькие, но уже хорошо заметные, имели вид почти бесцветных или чуть желтоватых пузырьков длиной до 1 см. Заметна только главная артерия доли гонады. Диаметр наиболее крупных ооцитов у особей изменялся от 90,1 до 152,1 мкм, составляя в среднем 114,5 мкм. Все ооциты оптически прозрачны, яйценосные пластины плотные (рис. 4А). С увеличением длины самок возрастала масса гонад, увеличивались размеры ооцитов (рис. 5, 6). Максимальный диаметр ооцитов в ноябре–марте у особи длиной 15,9 см составил 152,1 мкм. Анализ срезов гонад показал, что превителлогенные ооциты находились на разных ступенях развития. В марте у особи длиной 12,5 см присутствовали яйцеклетки фазы молодого ооцита, имели разнообразную форму с асимметрично расположенным ядром. Диаметр ядра достигал 62,5% от размера ооцита (рис. 7А). В июле у особи длиной 17,4 см яй-

ценосные пластины сформированы. Цитоплазма окрашена в темный цвет, в отличие от более светлоокрашенной кариоплазмы. Диаметр ооцита достигал 83,6 мкм, размеры ядра составляли 53,9%. С внутренней стороны ядерной мембраны видны ядрышки (рис. 7Б). В это же время в яичнике рыбы длиной 20,5 см у значительной части ооцитов перинуклеарное кольцо сформировано (рис. 7В). На срезах их диаметр достигал 133,0 мкм.

Обращает внимание незначительное увеличение размеров ооцитов у сеголеток и годовиков наваги (табл. 3). Это связано с тем, что в зимние месяцы навага практически не растет. Так, наблюдения за навагой Авачинской губы свидетельствовали о незначительном приросте длины рыб одной генерации: всего 0,3 см за 4 месяца (Василец, Доценко, 2003). Значительное увеличение размеров ооцитов наблюдалось в июле. В это время отмечается начало вакуолизации наиболее крупных ооцитов. Сходные сроки появления ооцитов фазы вакуолизации (август) отмечали А. Чэн с соавт. (Chan et al., 2005) у наваги из вод о. Хоккайдо.

Состояние гонад половозрелых рыб

У полицикличных видов рыб происходит постоянное пополнение резервного фонда половых клеток за счет митотических делений оогониев. Вследствие этого потенциальная плодовитость формируется каждый раз в начале нового цикла развития вителлогенных ооцитов. Причем на путь трофоплазматического роста вступают ооциты только со сформированным циркумнуклеарным кольцом.

Переход гонад во II–III стадию зрелости характеризуется появлением вителлогенных

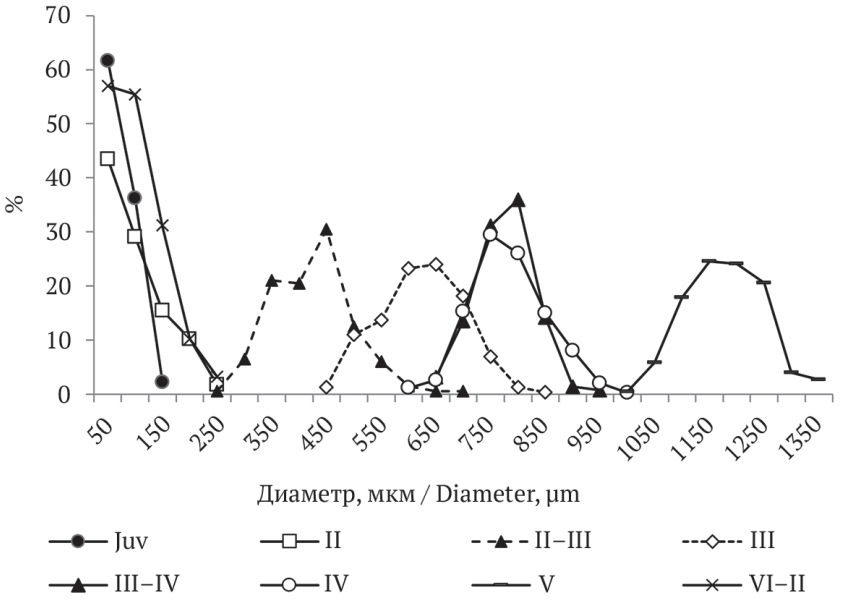


Рис. 3. Размерная структура ооцитов наваги в гонадах разных стадий зрелости
Fig. 3. Size structure of saffron cod oocytes in gonads of different stages of maturity

Таблица 2. Длина, масса гонад, ГСИ самок и размеры ооцитов наваги Авачинского залива разных стадий зрелости (мин.–макс. (среднее))
Table 2. Length, gonad weight, GSI of females and diameters of saffron cod oocytes in the Avacha Bay at different stages of maturity (min.-max. (mean))

Стадия Stage	Кол-во рыб Fish number	Длина рыб, см Fish length, cm	Масса гонад, г Gonad weight, g	ГСИ, % GST, %	Диаметр ооцитов, мкм / Oocyte diameter, μm	
					Превителлогенные* Previtellogenic	Вителлогенные Vitellogenic
II	63	10,7–20,0 (16,1)	0,03–0,6 (0,13)	0,3–0,8 (0,5)	90,1–152,1 (114,5)	—
II–III	8	20,5–23,9 (22,4)	1,9–3,3 (2,4)	1,5–4,0 (3,3)	125,5–136,5 (131,0)	234,8–690,0 (401,8)
III	40	20,5–35,7 (25,9)	2,0–26,0 (10,4)	1,8–9,5 (5,6)	138,8–188,8 (166,1)	413,8–759,5 (627,7)
III–IV	12	27,4–41,9 (30,2)	10,9–36,9 (19,7)	7,7–15,0 (12,0)	153,0–187,0 (167,3)	616,0–932,7 (768,8)
IV	9	24,8–35,1 (30,4)	15,1–40,1 (25,4)	10,9–35,6 (16,5)	162,3–222,3 (186,6)	557,6–867,4 (767,3)
V	4	26,3–31,6 (29,3)	15,8–60,6 (36,6)	13,2–35,6 (22,5)	171,5–203,0 (186,0)	993,6–1329,9 (1169,5)
VI	26	23,9–39,5 (26,5)	2,2–17,1 (3,8)	2,9–5,3 (3,7)	172,0–214,9 (180,7)	–
VI–II	19	23,0–41,4 (27,8)	0,9–8,7 (3,2)	0,7–6,6 (2,6)	167,5–228,0 (194,1)	–

*— указаны максимальные размеры превителлогенных ооцитов (the maximum sizes of previtellogenic oocytes are given)

ооцитов фазы вакуолизации и дальнейшего их развития в фазе начала отложения желтка. У самок, имеющих половые клетки этих фаз развития, начинается этап полового созревания. Гонады становятся оранжево-красными, на ощупь мягкими. Оболочка яичника тонкая. Ооциты очень мелкие, видны с трудом. При просмотре с помощью бинокуляра ооциты желтого оттенка, в них просматриваются ядро и круглые включения (очевидно, вакуоли). Краевая зона ооцитов светлее, чем центральная (рис. 4Б). Диаметр лидирующих ооцитов у разных самок варьировал от 322,3 до 483 мкм. Ооциты «резервного» фонда остаются прозрачными, максимальные размеры их у разных самок изменялись от 125,5 до 136,5 мкм.

О времени начала вителлогенеза можно судить по размерам и состоянию половых клеток авачинской наваги в июле 2004 г. и августе 2005 г. В июле у особи длиной 21,5 см вместе с прозрачными ооцитами под микроскопом видны более крупные яйцеклетки правильной формы с желтоватым оттенком. Диаметр таких клеток достигал 275 мкм. Согласно В.Н. Иванкову (1987), на срезах размеры ооцитов наваги фазы вакуолизации составляют 240–255 мкм. Анализ наших срезов показал, что в августе у рыб длиной 25,5–28,5 см ооциты находились на заключительной стадии превителлогенеза, лишь в отдельных яйцеклетках обнаруживались редкие вакуоли, расположенные с внутренней стороны уже слабо заметной перинуклеарной зоны. Сразу вслед за образованием цепочки вакуолей, с их внутренней стороны появляется очень мелкая «сыпь» желтка (Дроздов, Иванков, 2000). У более крупных особей авачинской наваги длиной 33,8–45,5 см в ооцитах диаметром 328–400 мкм отмечалось отложение желточных гранул уже в июле. Сходные сроки появления ооцитов фазы вакуолизации и начального отложения гранул отмечали А. Чэн с соавт. (Chan et al., 2005) у наваги из вод о. Хоккайдо.

У наваги не все клетки, достигшие фазы однослойного фолликула, одновременно образуют вакуоли. У одной и той же рыбы на срезах кроме молодых ооцитов и гоний присутствуют ооциты этих фаз развития (рис. 8А). Таким образом, в яичниках II–III стадии зрелости комплекс ооцитов представлен молодыми ооцитами, однослойными фолликулами, ооцитами

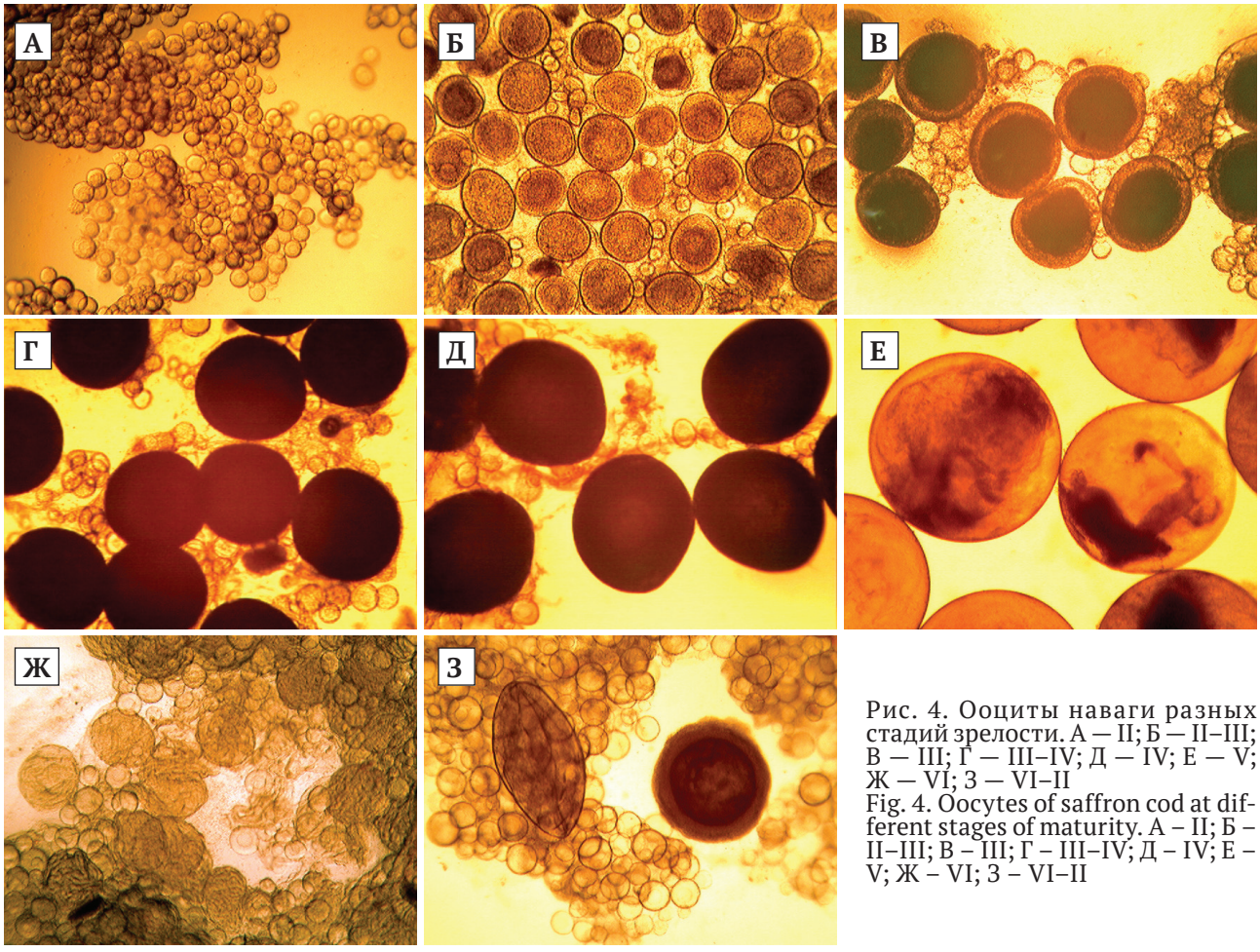
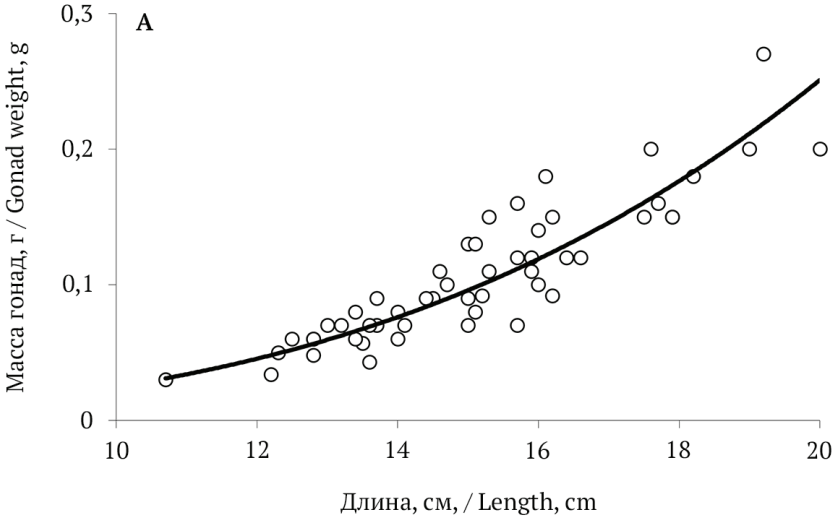


Рис. 4. Ооциты наваги разных стадий зрелости. А — II; Б — II–III; В — III; Г — III–IV; Д — IV; Е — V; Ж — VI; З — VI–II
Fig. 4. Oocytes of saffron cod at different stages of maturity. А – II; Б – II–III; В – III; Г – III–IV; Д – IV; Е – V; Ж – VI; З – VI–II

фаз вакуолизации и начального накопления желтка.

Яичники самок III стадии зрелости имеют оранжево-красный цвет, передний край гонады выглядит заостренным. Железы занимают до половины полости тела. Так, у самки длиной 24,7 см длина гонады равнялась 4 см. Кровеносные сосуды крупные, икринки различимы. Происходит накопление желтка в ооцитах. Масса гонад варьировала от 2,0 до 26,0 г, ГСИ изменялся в диапазоне 1,8–9,5%, составляя в среднем 5,6%.

При просмотре под микроскопом краевая зона ооцита светлее, чем в середине (рис. 4В).



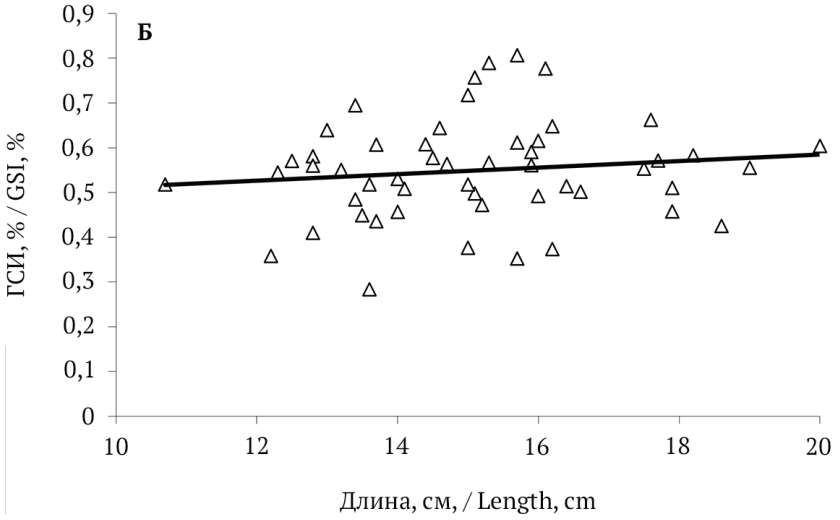


Рис. 5. Масса гонад (А) и ГСИ (Б) неполовозрелых самок наваги разной длины в ноябре–феврале
Fig. 5. Gonad weight (A) and GSI (Б) of immature saffron cod females of different lengths in November–February

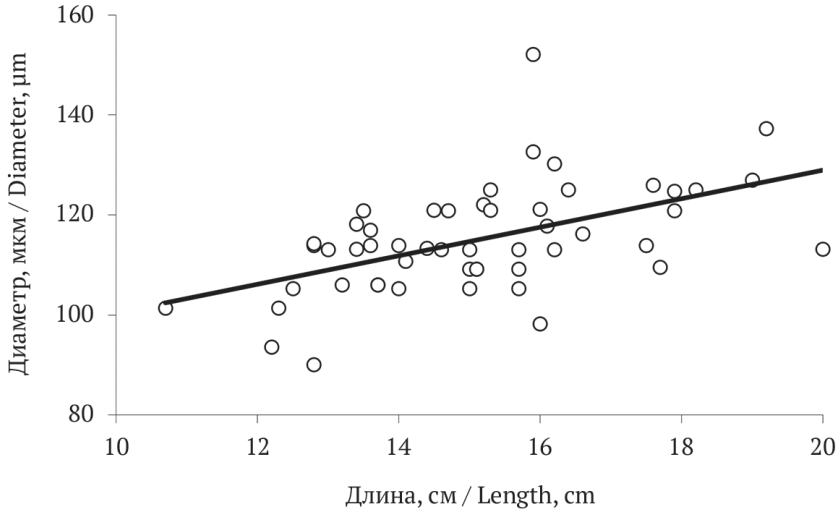


Рис. 6. Максимальный диаметр ооцитов неполовозрелой наваги разной длины в ноябре–феврале
Fig. 6. Maximum diameter of oocytes of immature saffron cod of different lengths in November–February

Диаметр ооцитов у самок изменялся от 413,8 до 759,5 мкм, равняясь в среднем 627,7 мкм. У отдельных рыб размах колебаний диаметра желтковых ооцитов составлял в среднем 197 мкм. Размеры лидирующих в развитии превителлогенных ооцитов варьировали от 138,8 до 188,8 мкм.

В яичниках III стадии зрелости лидирующие ооциты представлены ооцитами фаз начального и интенсивного отложения желтка (рис. 8Б). Между яйцеклетками фаз желточного накопления находились молодые ооциты и однослойные фолликулы, которые располагались небольшими группами или цепочкой вдоль оболочки вителлогенного ооцита.

Масса гонад самок, стадия зрелости которых определена переходной стадией III–IV, колебалась в пределах 10,9–36,9 г. ГСИ в среднем равнялся 12,0% при вариациях от 7,7 до 15,0%. Размах колебаний размеров желтковых ооцитов находился в пределах 616,0–932,7 мкм, составляя в среднем 768,8 мкм. Такие ооциты темные, в них краевая зона заполнена желточными включениями. Превителлогенные клетки остаются в прежнем состоянии, представлены молодыми ооцитами и ооцитами фазы однослойного фолликула.

У наваги IV стадии зрелости яичники приобретают желтый цвет, упругие, передний край

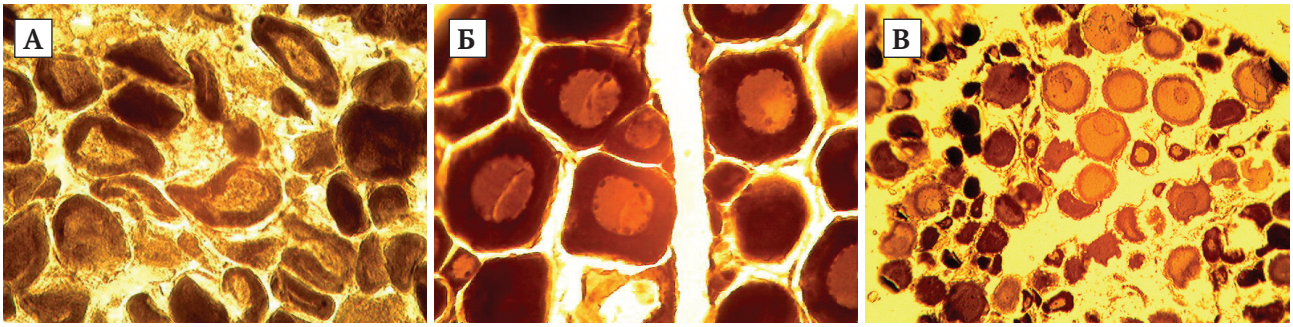


Рис. 7. Гистологические срезы гонад неполовозрелых самок наваги. А — 12,5 см (×40); Б — 17,4 см (×40); В — 20,5 см (×10)
Fig. 7. Histological sections of the gonads of immature female saffron cod. А – 12.5 cm (×40); Б – 17.4 cm (×40); В – 20.5 cm (×10)

Таблица 3. Длина и масса гонад самок наваги Авачинского залива, максимальный диаметр ооцитов в разные месяцы на первом-втором годах жизни (мин.–макс. (среднее))
Table 3. The length and weight of the gonads of saffron cod females in Avacha Bay and the maximum diameter of oocytes in different months during the first and second years of life (min.-max. (average))

Месяц Month	Длина, см Length, cm	Кол-во рыб, экз. Number, ind.	Возраст, лет Age, years	Масса гонад, г Gonad weight, g	Максимальный диаметр ооцита, мкм Maximum diameter of oocyte, μm
Июль / July	12,5	1	0+	–	80
Октябрь / October	14,3–16,3 (15,2)	6	0+	0,06–0,10 (0,09)	100–114 (109)
Ноябрь / November	12,2–16,2 (13,9)	6	0+	0,03–0,09 (0,06)	90–133 (117)
Январь / January	13,4–20,0 (16,1)	13	1	0,06–0,20 (0,13)	105–133 (120)
Февраль / February	10,7–19,2 (14,9)	33	1	0,03–0,27 (0,11)	98–152 (114)
Март / March	12,6–16,1 (14,7)	11	1	0,02–0,10 (0,06)	86–114 (103)
Июль / July	18,8–24,0 (21,2)	4	1+	–	225–275
Октябрь / October	20,5–24,0 (23,2)	8	1+	–	370–740 (565)*
Ноябрь / November	21,0–34,4 (28,1)	17	1+	4,20–21,54 (15,35)	702–957 (833)*
Январь / January	24,8–26,4 (25,6) 26,3–31,6 (29,1)	2 4	2 2	15,69–29,64 (22,67) 15,82–59,09 (36,24)	851–957 (904)* 1163–1330 (1242)**
Февраль / February	23,9–28,2 (25,9)	29	2	1,87–5,50 (3,53)	137–215 (180)
Март / March	31,5–41,4 (35,0)	3	–	3,27–8,67 (5,15)	197–228 (216)

* — желтковые ооциты (yolk oocytes)
** — овулированные (ovulated oocytes)

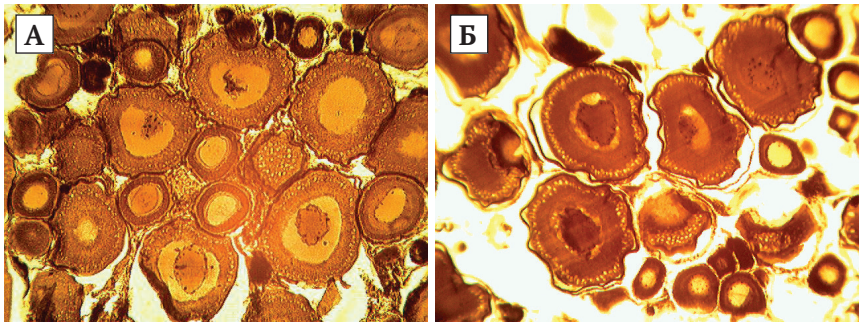


Рис. 8. Гистологический срез яичников наваги. А — длина рыбы 44,0 см, стадия зрелости II–III; Б — 33,8 см, стадия зрелости III
Fig. 8. Histological section of saffron cod ovaries. А – fish length 44.0 cm, maturity stage II–III; Б – 33.8 cm, maturity stage III

обеих лопастей становится округлым. Железы занимают более половины полости тела. У особи длиной 24,8 см длина гонады составляла около 7 см. Масса гонад у особей длиной 24,8–35,1 см изменялась от 15,1 до 40,1 г. ГСИ варьировал между 10,9 и 35,6%, при среднем показателе 16,5%. Средний диаметр ооцитов по сравнению с предыдущей группой (III–IV) остался прежним (см. табл. 2).

Желтковые ооциты при просмотре с помощью оптики темные, совершенно непрозрачные. Диаметр их колебался от 557,6 до 867,4 мкм, составив в среднем 767,3 мкм. Размах колебаний размеров яйцеклеток у отдельно взятых самок не превышал 279 мкм, в среднем 173 мкм. В ооцитах, достигших терминальных размеров, начинается процесс миграции ядра к анимальному полюсу ооцита и образования глобул. Диаметр наиболее крупных клеток периода превителлогенеза увеличивается по сравнению с таковым на стадиях III и III–IV. Это свидетельствует о росте и развитии ооцитов, хотя они соответствуют тем же фазам.

По достижении V стадии зрелости перед нерестом гонады занимают почти всю брюшную полость, так что печень маленькая и оттеснена к голове, близко к околосердечному пространству. Как правило, у таких особей маленькие желудки, они не питаются. Брюшко самки вздуто. У наваги яичники замкнутого типа, все икринки располагаются внутри железы и при овуляции выпадают в энтовариальную полость. Даже при легком надавливании на брюшко икринки вытекают из полового отверстия. Икринки упругие, имеют плотную оболочку. Оболочка яичника очень тонкая, совершенно прозрачная, при разрезании ее зрелые икринки растекаются.

В наших пробах масса гонад изменялась от 15,8 до 60,6 г (см. табл. 2). Перед нерестом масса гонад может достигать 36% от массы особи без внутренностей и 24% от массы целой рыбы. Ооциты достигли фазы овуляции, средний диаметр таких икринок у особей изменялся от 1104,6 до 1247,3 мкм при минимальном и максимальном диаметрах 993,6 и 1329,9 мкм соответственно. В процессе овуляции средний диаметр икринок у самки длиной 31,6 см увеличился от 1104,6 до 1247,3 мкм (на 13%). Размах колебаний диаметра икринок перед икрометанием сократился. Зрелые яйцеклетки приобретают некоторую прозрачность, что особенно заметно при увеличении, в них видны потоки цитоплазмы (рис. 4Е). Как подтвердили наблюдения в аквариуме, навага выметывает икру единовременно, в течение нескольких минут (Chan et al., 2008).

После нереста гонады восстанавливаются (стадия VI–II), сначала выглядят воспаленными, красноватыми, впоследствии приобретают серо-оранжевый цвет. Со временем яичники становятся розово-серыми. Масса гонад у самок длиной 23,0–41,4 см уменьшилась до 0,9–8,7 г, ГСИ изменялся в пределах 0,7–6,6% (см. табл. 2). Оболочка желез матовая, утолщенная. При просмотре под микроскопом видно множество деформированных фолликулярных оболочек, встречаются резорбирующиеся икринки. Ооциты оптически прозрачны, клеток с желтоватым оттенком не отмечалось. Постепенно фолликулярные оболочки сжимаются, резорбирующиеся клетки подвергаются фагоцитозу и играют роль трофических элементов в процессе посленерестового восстановления.

На рисунке 9А показан срез гонады недавно отнерестившейся самки. Старшая генерация ооцитов находилась в фазе однослойного фолликула с выраженным циркумнуклеарным кольцом, расположенным в центральной части цитоплазмы. Ооциты располагались разреженно, большую часть среза занимали остаточные фолликулярные оболочки. Впоследствии ооциты располагались более плотно. Лидирующие ооциты также представлены клетками с однослойным фолликулом, но кольцо становится более тонким и располагается ближе к оболочке ооцита. Присутствовали молодые ооциты, ооциты фазы однослойного фолликула меньших размеров и клетки остаточных фолликулярных оболочек (рис. 9Б). Диаметр лидирующих в развитии ооци-

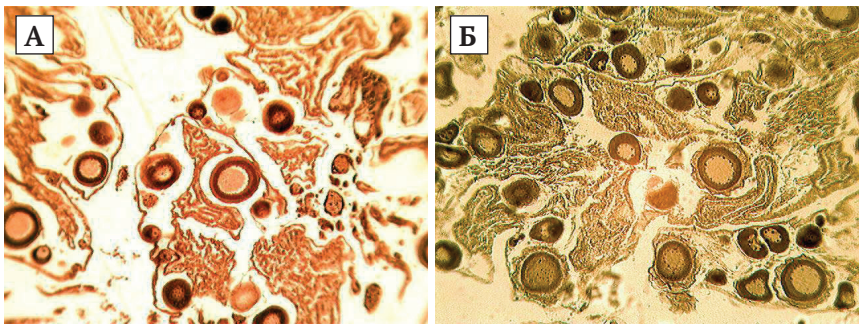


Рис. 9. Гистологические срезы яичников отнерестившейся наваги. А — длина рыбы 30,0 см; Б — 28,0 см (×10)
Fig. 9. Histological sections of ovaries of spawned saffron cod. A – fish length 30.0 cm; Б – 28.0 cm (×10)

тов у разных самок изменялся от 167,5 до 228,0 мкм. Измерения наиболее крупных ооцитов у наваги из Охотского моря показали, что уже в феврале их диаметр равнялся 250–260 мкм, что соответствует размерам клеток фазы вакуолизации. У наваги Карагинского залива значительное увеличение доли созревающих рыб отмечается в марте (Новикова, 2007). Таким образом, стадия посленерестового восстановления гонад, очевидно, длится около двух месяцев.

Самцы

Состояние гонад у неполовозрелых особей

У наваги первого года жизни семенники визуально неразличимы, при увеличении имели вид парных очень тонких прозрачных тяжей. Семенники наваги относятся к циприноидному типу, общий выводной проток расположен по верхней, спинной стороне доли железы, а канальцы многократно извиваются и ветвятся (Макеева, 1992).

Длина неполовозрелых самцов в наших сборах изменялась от 12,5 до 26,5 см. У особей длиной менее 16,0 см масса желез была настолько мала, что их взвешивание не проводили. У рыб длиной 16,9–26,5 см масса гонад изменялась от 0,01 до 0,45 г, ГСИ имел очень низкие значения — от 0,01 до 0,45% (табл. 4). Цвет гонад беловатый, фестоны выражены слабо. Длина гонад около 1,5–2,0 см. Масса гонад и ГСИ увеличивается с ростом рыб (рис. 10А, Б).

Таблица 4. Длина, масса гонад, ГСИ самцов наваги разных стадий зрелости (мин.–макс. (среднее))
Table 4. Length, gonad weight, GSI of male saffron cod at different stages of maturity (min.–max. (mean))

Стадия Stage	Кол-во рыб Fish number	Длина рыб, см Fish length, cm	Масса гонад, г Gonad weight, g	ГСИ, % GSI, %
II	25	16,9–26,5 (23,0)	0,01–0,45 (0,18)	0,01–0,45 (0,18)
III	7	20,5–30,0 (23,8)	6,0–25,7 (13,3)	4,7–22,3 (16,0)
III–IV	11	22,0–27,2 (24,8)	8,8–16,2 (13,4)	10,4–19,1 (15,8)
IV	42	20,0–34,3 (26,7)	8,5–40,3 (22,8)	11,1–24,1 (19,6)
V	10	23,6–35,0 (27,4)	1,4–30,6 (13,3)	1,5–22,5 (11,2)
VI	6	23,3–27,7 (25,5)	0,8–4,4 (2,0)	1,3–5,2 (2,4)
VI–II	8	24,4–33,3 (28,1)	0,3–1,9 (0,9)	0,3–1,4 (0,6)

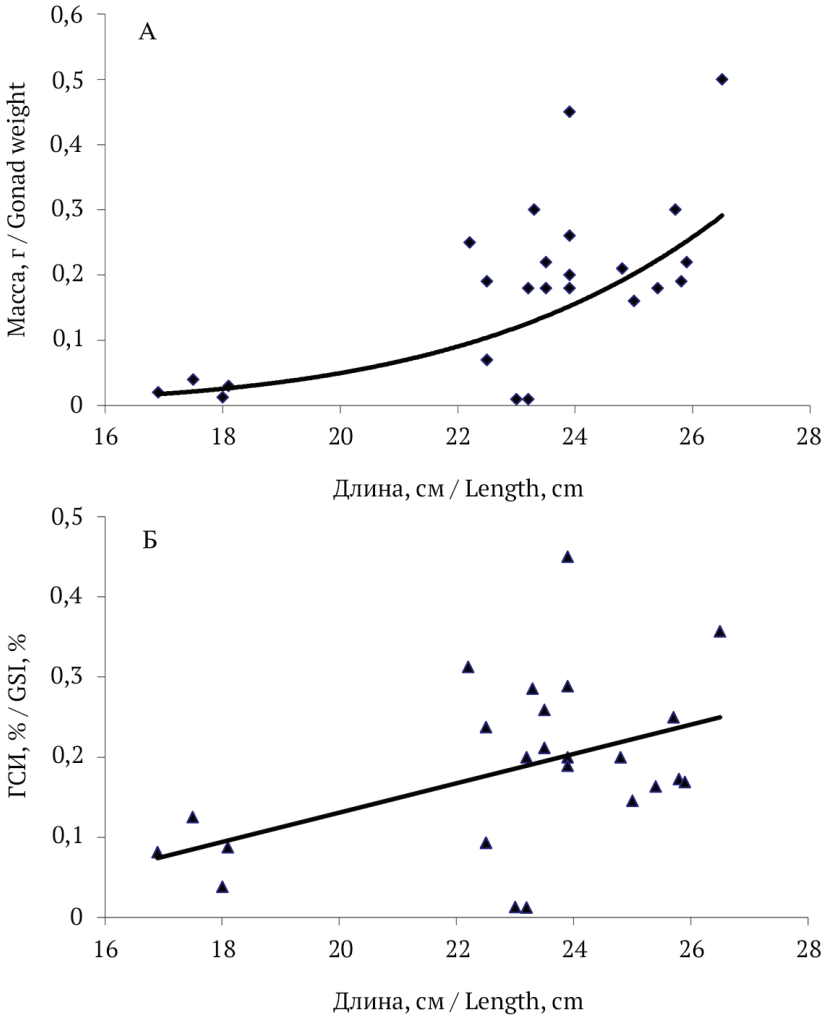


Рис. 10. Масса гонад и ГСИ неполовозрелых самцов наваги
Fig. 10. Gonad weight and SSI of immature male saffron cod

У неполовозрелых самцов половые клетки представлены крупными сперматогониями и сперматоцитами начальной фазы размножения (см. рис. 2A, B).

Состояние гонад половозрелых рыб

Достигнув III стадии зрелости, семенники увеличиваются в размерах, могут занимать до половины брюшной полости (в конце стадии). Цвет гонад — от розово-серого, красноватого до светло-серого. Фестоны увеличиваются в размерах, и к концу стадии они хорошо развиты, крупные. Железы плотные. При разрезании фестонов края среза не оплывают. Масса семенников варьировала в пределах 6,0–25,7 г. ГСИ также изменялся в широких пределах: от 4,7 до 22,3%, составляя в среднем 16,0%. Клетки наваги вод о. Хоккайдо у рыб с близким ГСИ содержали вторичные сперматогонии и сперматиды (рис. 2C, D) (Chan et al., 2008).

В семенниках минтая этой стадии зрелости присутствуют клетки всех стадий сперматогенеза: от первичных сперматогониев, которые всегда имеются в железах, до сперматид и сперматозоидов. Клетки находятся в цистах. Каждая циста содержит половые клетки одного периода развития, одной генерации (Сергеева и др., 2011). В железах минтая этой стадии зрелости по количеству доминируют сперматиды (Жукова, 2018).

Масса гонад самцов III–IV стадии изменялась от 8,8 до 16,2 г, средняя величина ГСИ равнялась 15,8%. Семенники этой стадии зрелости, в общем, визуально не отличались от желез III стадии ни массой гонад, ни величиной ГСИ.

Семенники IV стадии зрелости приобретают молочный цвет, занимают всю полость тела. Фестоны очень крупные, плотно прилегают друг к другу, хорошо заметна густая сеть капилляров на каждом фестоне. При надрезе края среза оплывают, сперма густая. Выводной проток свободен, но при надавливании в него попадает сперма, не разжиженная семенной жидкостью. Масса гонад изменялась от 8,5 до 40,3 г, при этом ГСИ варьировал между 11,11 и 24,1%, в среднем составляя 19,6%.

Зрелые сперматозоиды выходят из цист и заполняют семяпроводы (рис. 2D). В семенниках минтая IV стадии зрелости ампулы со сперматозоидами становятся крупными за счет образования семенной жидкости. По их периферии остаются цисты со сперматидами и крупными сперматогониями (Сергеева и др., 2011).

Цвет железы V стадии изменяется от молочного до бело-розового. Выводной проток заполнен спермой. При нажатии легко выделяется жидкая сперма. Становятся видны сгустки крови. У одних самцов гонады могут занимать почти всю брюшную полость, у других размеры гонад значительно уменьшаются, и части гонад могут становиться серо-красными. Так как самцы многократно принимают участие в нересте, масса гонад у текучих самцов значительно колеблется — от 1,4 до 30,6 г, а ГСИ варьирует от 1,5 до 22,5%, при среднем показателе 11,2%.

В семенниках наваги продолжается образование семенной жидкости. Некоторые или многие протоки свободны от спермы, другие заполнены зрелыми сперматозоидами (рис. 2E). У самцов минтая, находящихся в нерестовом состоянии, продолжается выход сперматозоидов из ампул, но еще имеются цисты со сперматидами, что свидетельствует о многократном вымете (Сергеева и др., 2011). Также присутствуют цисты со сперматогониями.

У отнерестовавших самцов (VI стадия, выбой) гонады занимают до половины полости, сильно спавшиеся, мягкие. Цвет гонад от бурого до серо-желтого. Крупные кровеносные сосуды расширены. Видны узелки с остаточной спермой. Выводной проток не увеличен, в нем нет семенной жидкости. Масса семенников уменьшается до 0,8–4,4 г, вариации ГСИ не столь значительны, в среднем этот показатель равен 2,4%.

После нереста, в период восстановления (стадия VI–II), масса семенников и показатели ГСИ еще более уменьшаются и составляют 0,9 г и 0,6% соответственно. Железы плотные, бурокрасного, серого оттенка, без остатков спермы, фестоны мелкие. Остаточной спермы нет.

Семенные канальцы почти не содержат сперматозоидов (рис. 2F). Стенки канальцев сокращаются, просветы уменьшаются. Вдоль стенок располагаются цисты со сперматогониями, которые начинают размножаться. Наступает новый цикл развития мужских половых клеток.

При визуальном определении стадий зрелости яичников и семенников наблюдатели принимают во внимание размер железы, их массу, положение в брюшной полости, цвет, прозрачность, упругость, зернистость икры, оплываемость семенников при надрезе, заполненность и состояние выводных протоков, текучесть половых продуктов, наличие остаточной икры и спермы.

Отечественные исследователи применяют для оценки стадий зрелости самок и самцов

наваги традиционную 6-балльную шкалу (Сакун, Буцкая, 1963; Макеева, 1992), используя и все переходные стадии (всего 10 стадий) (Покровская, 1960; Новикова, 2007). Причем считается, что II стадию зрелости могут иметь как неполовозрелые особи наваги, так и принявшие участие в нересте (гонады стадии VI–II постепенно переходят во II, затем в II–III).

Зрелость яичников тихоокеанской наваги оценивается японскими исследователями по 8-балльной шкале (от I до VIII): стадия безжелтковых ооцитов, образование безжелтковых пузырьков (вакуолизация), ранняя желтковая, поздняя желтковая, миграция ядра, созревания, зрелая, постнерестовая. В развитии семенников они выделяют 6 стадий (от I до VI): первичные сперматогонии, вторичные сперматогонии, вторичные сперматоциты, преднерестовая стадия, нерестовая, постнерестовая (Chan et al., 2005). После VIII стадии у самок наступает II стадия (вакуолизация). У самцов VI стадия зрелости семенников переходит во II. Такое разделение на стадии развития желез, а не на стадии зрелости, основано на анализе гистологических срезов. Шкалы определения стадий зрелости по визуальным признакам нами не встречены.

Рассмотрим и подчеркнем некоторые результаты наших наблюдений.

Оценка I стадии зрелости в случае определения половой принадлежности не оправдана. Уместно фиксировать ювенальных рыб, у которых пол визуально определить невозможно, а у самок лидирующие половые клетки находятся в фазе молодого ооцита. Самки первого года жизни уже осенью имеют ооциты, размеры которых соответствуют фазе однослойного фолликула. В это время пол определяется, а стадия зрелости оценивается как II. Набор ооцитов фаз молодого ооцита и однослойного фолликула характерен почти для всех видов рыб, в том числе для дальневосточных тресковых (Сергеева и др., 2011; Сергеева, Варкентин, 2016; Жукова, 2018).

Анализируя размерную структуру ооцитов в гонадах II–III и III стадий, заметим, что у отдельных самок средний диаметр ооцитов первой группы больше, чем второй. Набор ооцитов разного состояния в гонадах обеих групп, в общем, одинаков: от молодого ооцита до ооцита фаз накопления желтка. Наименьшие значения ГСИ в обеих группах очень близки. Наблюдатель, замечая изменение цвета гонад от бесцветного или желтоватого до оранжевого и в зависимости от величины гонады, относит особь к той или другой стадии. Поэтому мы считаем, что определение стадии II–III целесообразно не применять.

Похожая ситуация наблюдается при определении яичников III–IV и IV стадий. Достаточно близкие значения ГСИ и практически одинаковые размерные составы желтковых ооцитов также позволяют объединить таких рыб и оценивать гонады IV стадией зрелости.

Гонады самок, определенные VI и VI–II стадиями, также содержат одинаковый качественный состав половых клеток: гонии, молодые ооциты, однослойные фолликулы. Имеются фолликулярные оболочки и ооциты фаз накопления желтка с признаками резорбции, невыметанные икринки. Рыбы этих стадий зрелости характеризуются как постнерестовые. По примеру шкалы зрелости гонад беломорской наваги (Строганов, Жукова, 2020), мы также рекомендуем эти стадии объединить и обозначить VI–II.

После восстановления яичники приобретают вид гонад III стадии зрелости. Таким образом, у самок рекомендуем применять 5-балльную шкалу (II, III, IV, V, VI–II).

При определении стадий зрелости самцов мы также рекомендуем избегать промежуточных стадий. В гонадах самцов II стадии зрелости происходит размножение сперматогониев. Самцы с гонадами III–IV стадии как по массе гонад, так и по величине ГСИ с равным успехом могут быть отнесены либо к III, либо к IV стадии.

Самцы с гонадами VI и VI–II стадий также равно функциональны, являясь посленерестовыми особями, поэтому объединяются в стадию VI–II.

После периода восстановления семенники приобретают вид гонад III стадии зрелости.

Шкала стадий зрелости гонад наваги

Ювенальные (неполовозрелые)

По внешним признакам пол неразличим либо можно определить при помощи микроскопа в лаборатории. Ювенальная стадия характерна для мальков и сеголеток длиной до 12 см.

II стадия (неполовозрелые)

Пол визуально различим. Яичники маленькие в виде почти бесцветных пузырьков либо приобретают слегка розово-оранжевый оттенок, видны крупные кровеносные сосуды. Семенники — тонкие тяжики, фестоны слабо вы-

ражены (рис. 11). ГСИ самок варьирует от 0,3 до 0,8% (среднее — 0,5%), самцов — до 0,5 (0,2%).

III стадия (половозрелые, впервые и повторно созревающие)

Гонады самок оранжево-красные, передний край обеих долей гонады заострен. На ощупь мягкие. Ооциты мелкие, но различимы. Средний диаметр у разных самок изменяется от 322,3 до 759,5 мкм. ГСИ самок варьирует от 1,5 до 9,5% (среднее — 5,1%).

Семенники имеют хорошо выраженные фестоны. Цвет гонад от розово-серого, красноватого до светло-серого. На ощупь плотные. При разрезании фестонов края среза не оплывают. ГСИ изменяется от 4,7 до 22,3%, составляя в среднем 15,9%.

IV стадия (преднерестовые)

Яичники приобретают желтый цвет, достаточно упруги, передний край обеих лопастей становится округлым. Железы занимают более половины полости тела. Средний показатель ГСИ — 16,5% при вариациях 10,9–35,6%. Средний диаметр ооцитов изменяется от 708,8 до 867,4, составляя в среднем 767,3 мкм.

Семенники приобретают молочный цвет, занимают всю полость. При надрезе края среза

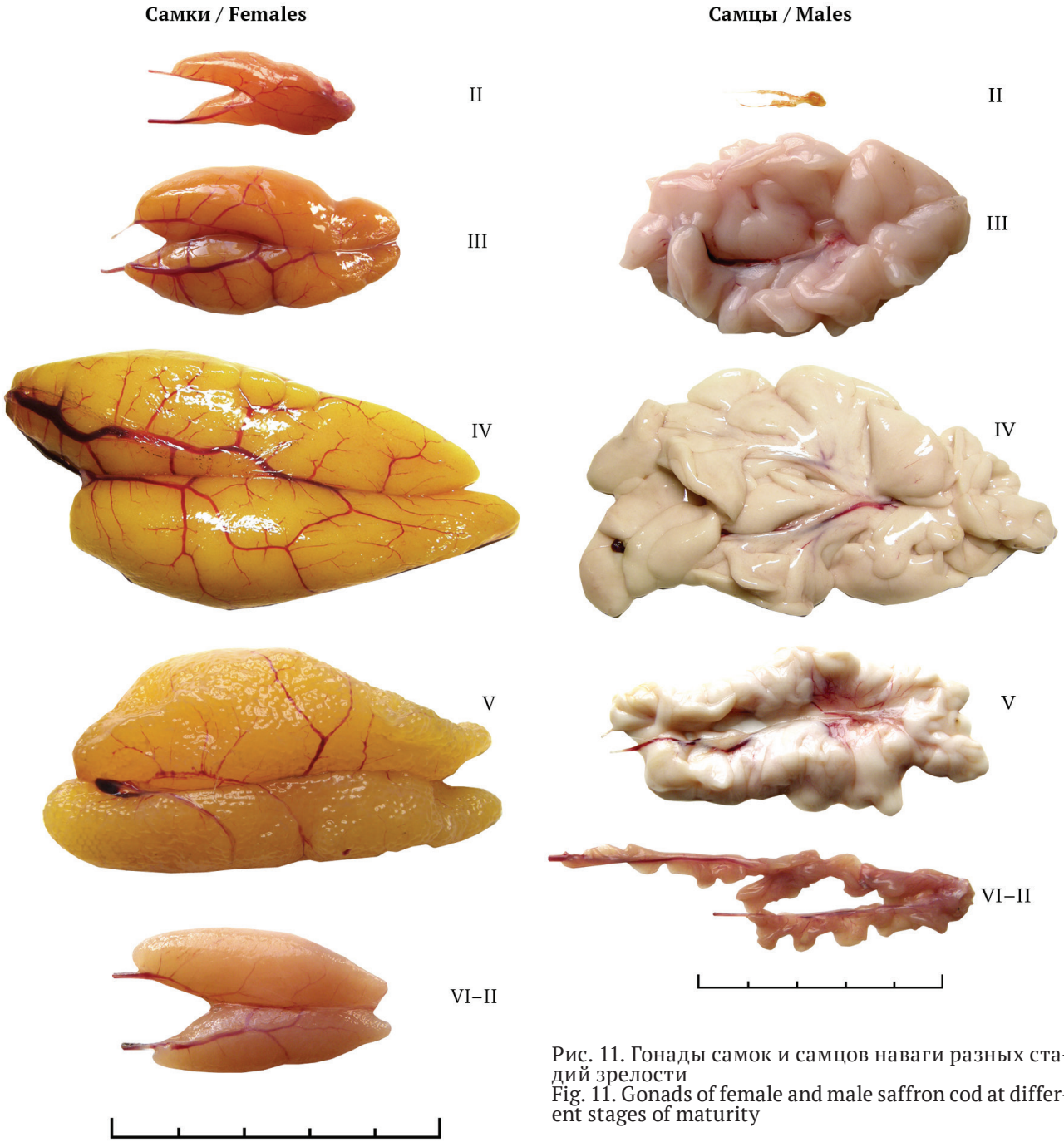


Рис. 11. Гонады самок и самцов наваги разных стадий зрелости
Fig. 11. Gonads of female and male saffron cod at different stages of maturity

оплывают, сперма густая. ГСИ варьирует между 11,1 и 24,1%, в среднем составляя 19,6%.

V стадия (нерестовые)

Брюшко самок вздуто, яичники перед нерестом занимают почти всю брюшную полость. Оболочка яичника очень тонкая, совершенно прозрачная, при разрезании зрелые икринки растекаются.

Цвет семенников изменяется от молочного до бело-розового. Выводной проток заполнен семенной жидкостью. При нажатии легко выделяется жидкая сперма. Становятся видны сгустки крови. На начальном этапе нереста семенники занимают почти всю полость, впоследствии их размеры уменьшаются. ГСИ варьирует от 1,5 до 22,5%, при среднем показателе 11,2%.

VI–II стадия (половозрелые, отнерестившиеся)

Яичники вначале спавшиеся, их оболочка толстая, матовая или белесая. Гонады восстанавливаются после нереста. Сначала они выглядят воспаленными, красноватыми, впоследствии приобретают серо-оранжевый цвет, уменьшаясь в размерах. ГСИ изменяется в пределах 0,7–6,6%, составляя в среднем 3,2%.

Семенники сначала сильно спавшиеся, мягкие, плотные. Видны узелки с остаточной спермой, либо без остатков. Цвет желез от бурокрасного до серого. Фестоны вначале рыхлые, но быстро восстанавливаются и становятся упругими и мелкими. ГСИ изменяется в пределах 0,3–1,4% (среднее — 0,6%).

Половой цикл наваги

Особенности развития гамет и продолжительность отдельных стадий зрелости половых желез формируют характер половых циклов.

Период неполовозрелых рыб протекает один раз в жизни особи, а репродуктивный цикл наваги можно условно разделить на три периода: период созревания гонад, период нереста, период восстановления гонад.

Первый период неполовозрелых рыб включает периоды анатомической дифференцировки гонад и время протекания ювенальной и II стадии зрелости (рис. 12). Определение пола рыб становится возможным у сеголетков при длине около 11–12 см. У самок ооциты проходят фазы протоплазматического роста, к концу периода лидирующие в развитии ооциты достигают завершения фазы однослойного фолликула. У самцов в железах активно размножаются сперматогонии (Chan et al., 2005). Следовательно, ювенильная фаза, вероятно, продолжается от момента формирования малька до сеголетка около 3–4 месяцев. II стадия продолжается с августа–сентября до июня–июля следующего года (10–11 мес.).

Период созревания начинается с появления признаков развития гонад у впервые созревающих особей и после завершения восстановительного периода — у созревающих повторно и включает III и IV стадии зрелости. В это время развивается генеративная форма обмена, при которой обеспечиваются оптимальные метаболические условия для созревания гамет. Источником энергетических ресурсов служит печень, относительная масса которой уменьшается в процессе созревания гонад в 2 раза (по неопубликованным данным Н.П. Сергеевой). В яичниках созревающие ооциты проходят фазы вакуолизации цитоплазмы и отложения желточных гранул, значительно увеличиваясь в размерах. Этот период заканчивается, когда в яичниках ооциты находятся на различных фазах периода созревания. В семенниках сперматогонии развиваются до сперматоцитов, сперматид и сперматозоидов. Рыбы с гонадами III и IV стадий зрелости встречаются с августа по декабрь. Этот период может длиться до 5 месяцев.

Период нереста у авачинской наваги приходится на январь–февраль. В яичниках происходит овуляция ооцитов, навага выметывает

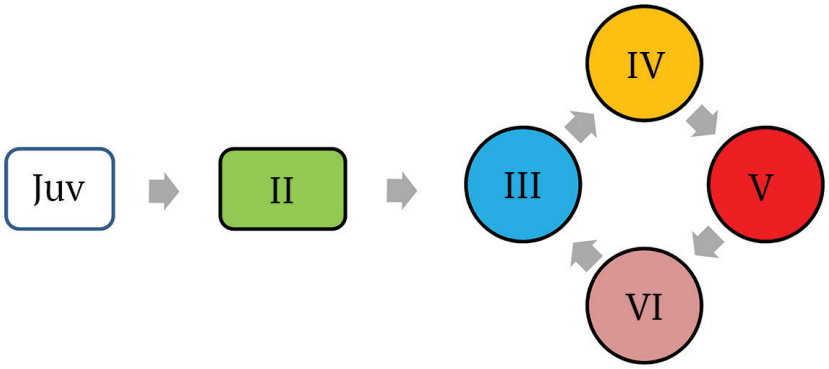


Рис. 12. Схема полового цикла авачинской наваги
Fig. 12. Scheme of the maturity cycle of Avacha saffron cod

икру. В семенниках наблюдается разжижение сперматозоидов и их вымет. Самки выметывают икру одновременно, самцы принимают участие в нересте несколько раз.

Период восстановления гонад длится с января–февраля до марта. В яичниках резорбируются фолликулярные оболочки, оставшиеся неразвитые ооциты и невыметанные икринки. В семенниках начинается размножение сперматогоний, начинается новый половой цикл.

Второй, третий и четвертый периоды у особи протекают несколько раз. Так, по имеющимся неопубликованным данным О.В. Новиковой, встречаются особи авачинской наваги в возрасте 6 лет, следовательно, особи принимают участие в размножении до 5 раз.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие ооцитов у наваги проходит по типу прерывистого оогенеза и синхронного вителлогенеза. В период вителлогенеза и созревания не происходит пополнения ооцитами новых генераций. Созревание ооцитов также синхронное, икрометание единовременное.

У неполовозрелых самок размеры лидирующих в развитии ооцитов увеличиваются по мере роста рыбы. Все ооциты прозрачны. Сквозь оболочку видно ядро. У сеголеток и годовиков старшая генерация ооцитов представлена молодыми ооцитами, в железах более крупных неполовозрелых рыб присутствуют ооциты фазы однослойного фолликула.

Размеры желтковых ооцитов в яичниках III стадии зрелости заметно отличаются от клеток «резервного» фонда. Краевая зона ооцита светлее, чем в середине. Состав яйцеклеток в гонадах III стадии зрелости включает ооциты фаз начального и интенсивного накопления желтка, ооциты периода превителлогенеза (молодые ооциты и ооциты с однослойным фолликулом).

Яичники IV стадии зрелости заполнены ооцитами фаз интенсивного накопления желтка, завершающего рост ооцита. В ооцитах, достигших терминальных размеров, начинается процесс миграции ядра к анимальному полюсу ооцита и образования глобул.

За период вителлогенеза диаметр ооцитов увеличивается с 234,8 до 867,4 мкм.

В яичниках V стадии зрелости ооциты достигают фазы овуляции, средний диаметр таких икринок у особей изменяется от 1104,6 до 1247,3 мкм. Икринки «текучих» рыб упругие, имеют плотную оболочку. В процессе овуляции диаметр икринок увеличивается на 13%.

VI–II стадия зрелости характерна для отнерестившихся особей. Гонады восстанавливаются. Фонд ооцитов представлен яйцеклетками периода превителлогенеза.

За период гаметогенеза ГСИ у самок увеличивается от 1,5 до 35,6%, у самцов — от 6,0 до 40,3%.

Критериями для оценки стадий зрелости самок и самцов тихоокеанской наваги являются: вид и размеры желез, цвет, упругость, текучесть половых продуктов, состояние оболочки железы, величина ГСИ, вид и размерная структура ооцитов. Показано, что следует различать неполовозрелых (II стадия) и половозрелых: созревающих впервые и повторно (III стадия), преднерестовых (IV стадия), нерестовых (V стадия) и отнерестившихся (VI–II стадия) рыб.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Алексеев Ф.Е., Алексеева Е.А. 1996. Определение стадий зрелости гонад и изучение половых циклов, плодовитости, продукции икры и темпа полового созревания у морских промысловых рыб (методическое пособие). Калининград: АтлантНИРО. 75 с.

Антонов Н.П. 2011. Промысловые рыбы Камчатского края: биология, запасы, промысел. М.: ВНИРО. 244 с.

Антонов Н.П., Золотов О.Г. 1987. Особенности размножения восточнокамчатского минтая / Популяц. структура, динамика числ. и экология минтая. Владивосток: ТИНРО. С. 123–132.

Василец П.М., Доценко В.С. 2003. О некоторых аспектах биологии наваги Авачинской губы в первые два года жизни // Тр. КФ ТИГ ДВО РАН. Петропавловск-Камчатский: Камч. печатный двор. Вып. IV. С. 279–286.

Волкова О.В., Елецкий Ю.К. 1982. Основы гистологии с гистологической техникой. М.: Медицина. 304 с.

Дроздов А.Л., Иванков В.Н. 2000. Морфология гамет животных. Значение для систематики и филогенетики. М.: Круглый год. 460 с.

Елисеев В.Г. 1959. Основы общей гистологии и гистологическая техника. М.: Наука. 271 с.

Жукова К.А. 2018. Гамето- и гонадогенез минтая *Theragra chalcogramma:* Автореф. дис. … канд. биол. наук. 24 с.

Иванков В.Н. 1987. Строение яйцеклеток и систематика рыб. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та. 160 с.

Казанский Б.Н. 1949. Особенности функции яичника и гипофиза у рыб с порционным икроме-

танием // Тр. лаборат. основ рыбоводства. Т. 2. С. 121–139.
Лисовенко Л.А. 2000. Размножение рыб с прерывистым оогенезом и порционным нерестом на примере минтая Западной Камчатки. М.: ВНИРО. 111 с.
Макеева А.П. 1992. Эмбриология рыб. М.: МГУ. 216 с.
Матишов Г.Г., Журавлева Н.Г., Оттесен О. (Oddvar Ottesen), Кириллова Е.Э. 2010. Локализация первичных половых клеток личинок трески Баренцева моря // Докл. Академии наук. Т. 430. № 6. С. 841–843.
Мейен В.А. 1939. К вопросу о годовом цикле изменений яичников костистых рыб // Изв. АН СССР. Сер. Биол. № 4. С. 389–420.
Новикова О.В. 2002. Промысел, распределение и некоторые особенности биологии наваги (*Eleginus gracilis* (Tilesius)) прикамчатских вод // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 6. С. 120–130.
Новикова О.В. 2007. Дальневосточная навага (*Eleginus gracilis* (Til.)) прикамчатских вод: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. 23 с.
Новикова О.В. 2020. Некоторые особенности распределения и биологии тихоокеанской наваги (*Eleginus gracilis* (Tilesius)) Юго-Восточной Камчатки // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 57. С. 99–116.
Овен Л.С. 1976. Особенности оогенеза и характер нереста морских рыб. Киев: Наукова думка. 132 с.
Покровская Т.Н. 1960. Географическая изменчивость биологии наваги (рода *Eleginus*) // Тр. ИО АН СССР. Т. 31. С. 19–110.
Полутов В.И., Токранов А.М. 1978. Темп полового созревания и плодовитость трески *Gadus morhua macrocephalus* (Tilesius) восточного побережья Камчатки // Изв. ТИНРО. Т. 102. С. 97–101.
Сакун О.Ф., Буцкая Н.А. 1963. Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб. М.: Изд-во «Знание». 36 с.
Сафронов С.Н. 1986. Тихоокеанская навага / Биологические ресурсы Тихого океана. М.: Наука. С. 201–212.
Седова М.А., Микодина Е.В., Смирнов Б.П., Карлышева А.В., Мешкова М.Г. 2003. О некоторых особенностях строения ооцитов сельди, нерестящейся в озере Большой Вилюй (Юго-Восточная Камчатка) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Владивосток: Дальнаука. Вып. 2. С. 460–468.
Сергеева Н.П. 2020. Динамика массы и индексов печени тресковых рыб Восточной Камчатки в связи с созреванием гонад // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. № 59. С. 5–26.
Сергеева Н.П., Варкентин А.И., Буслов А.В. 2011. Закономерности полового созревания, половой цикл и шкала стадий зрелости гонад минтая (*Theragra chalcogramma)* // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 23. С. 33–69.
Сергеева Н.П., Варкентин А.И. 2016. Закономерности полового созревания, половой цикл и шкала стадий зрелости гонад тихоокеанской трески (*Gadus macrocephalus*) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 42. С. 5–31.
Сорокин В.П. 1957. Оогенез и половой цикл у трески (*Gadus morhua morhua* L.) // Тр. ПИНРО. Вып. 10. С. 125–144.
Строганов А.Н., Жукова К.А. 2020. Репродуктивная система рыб Белого моря: Учеб. пособие по практическому курсу ихтиологии. М.: Тов-во науч. изданий КМК. 38 с.
Трофимов И.К. 2008. Динамика размерного состав наваги *Eleginus gracilis* в течение ее репродуктивного цикла в юго-западной части Берингова моря // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 11. С. 85–94.
Трофимов И.К. 2009. О репродуктивной биологии наваги *Eleginus gracilis* бухты Оссора (юго-западная часть Берингова моря) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 12. С. 86–91.
Трофимов И.К. 2014. О распределении сеголеток наваги *Eleginus gracilis*, Tilesius (Gadiformes, Gadidae) на шельфе заливов Карагинский, Корфа и Олюторский Берингова моря // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. № 1. С. 63–71.
Трофимов И.К., Сергеева Н.П. 2014. О биологии наваги *Eleginus gracilis* Авачинской губы (Юго-Восточная Камчатка) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 33. С. 31–37.
Широкова М.Я. 1971. Особенности раннего оогенеза балтийской трески // Тр. АтлантНИРО. Т. 35. С. 114–123.
Широкова М.Я. 1977. Особенности полового созревания самок балтийской трески *Gadus morhua callarias* L. // Вопр. ихтиологии. Т. 17. № 4 (105). С. 650–658.
Чмилевский Д.А. 2003. К вопросу о периодизации оогенеза костистых рыб (обзор) // Вопр. ихтиологии. Т. 43. № 3. С. 375–387.
Христофоров О.Л. 1978. Гаметогенез и половой цикл сайки (*Boreogadus saida* Lep.) Баренцева моря // Тр. ВНИРО. Т. 130. Ч. II. С. 33–46.

Chan A., Yoshida H., Sacurai Y. 2005. Maturation, reproductive cycle and characteristics of spawning season of saffron cod, *Eleginus gracilis* (Tilesius) in waters of Hokkaido // Japan. Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn. Vol. 68. P. 45–64.
Chan A., Yoshida H., Sakurai Y. 2008. Reproductive behavior of saffron cod in captivity // Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn. Vol. 73. P. 35–44.

REFERENCES

Alekseev F.Y., Alekseeva Y.A. *Opredeleniye stadiy zrelosti gonad i izucheniye polovykh tsiklov, plodovitosti, produktsii ikry i tempa polovogo sozrevaniya u morskikh promyslovykh ryb* [Determination of the stages of gonad maturity and the study of sexual cycles, fertility, caviar production and pace of puberty in marine commercial fish]. Method. allowance. Kaliningrad: AtlantNIRO, 1996, 76 p.
Antonov N.P. *Promyslovye ryby Kamchatskogo kraya: biologiya, zapasy, promysel* [Commercially harvested species of fish of the Kamchatka Region: biology, stocks and fisheries]. Moscow: VNIRO, 2011, 244 p.
Antonov N.P., Zolotov O.G. *Osobennosti vosproizvodstva dalnevostochnogo mintaya* [Population structure, abundance dynamics and ecology of walleye pollock]. Vladivostok: TINRO, 1987, pp. 123–132.
Vasilets P.M., Dotsenko V.S. On some aspects of the biology of navaga of Avacha Bay in the first two years of life. *Trudy KB TIG FEB RAS*, 2003, issue 5, pp. 279–286. (In Russian)
Volkova O.V., Yeletskiy Y.K. *Osnovy gistologii s gistologicheskoy tekhnikoy* [Basics of histology with a histological technique]. Moscow: Medicine, 1982, 304 p.
Drozdov A. L., Ivankov V.N. *Morfologiya gamet zhivotnykh. Znachenie dlya sistematiki i filogenetiki* [Morphology of animal gametes. Significance for systematics and phylogenetics]. Moscow: Krugliy god, 2000, 460 p.
Eliseev V.G. Osnovy obshchey gistologii i gistologicheskaya tekhnika [Fundamentals of general histology and histological technique]. Moscow: Nauka, 1959, 271 p.
Zhukova K.A. *Gameto- i gonadogenez mintaya Theragra chalcogramma: Avtoref. dis. … kand. biol. nauk* [Gamete- and gonadogenesis of the pollock *Theragra chalcogramma*: PhD dis. abstract]. Moscow: VNIRO, 2018, 24 p.
Ivankov V.N. *Stroenie yaytsekletok i sistematika ryb* [Oocyte structure and fish systematics]. Vladivostok: Izd-vo Dal'nevostochnogo universiteta, 1987, 160 p.
Kazanskiy B.N. Functional peculiarities of ovary and pituitary gland in fish with batch spawning. *Trudy laborat. osnov rybovodstva,* 1949, vol. 2, pp. 121–139. (In Russian)
Lisovenko L.A. *Razmnozhenie ryb s preryvistymoogenezom i portsionnym nerestom na primere mintaya Zapadnoi Kamchatki* [Fish reproduction with intermittent oogenesis and batch spawning by the example of the pollock of Western Kamchatka]. Moscow: VNIRO, 2000, 111 p.
Makeeva A.P. *Embriologiya ryb* [Embryology of fish]. Moscow: MSU, 1992, 216 p.
Matishov G.G., Zhuravleva N.G., Ottesen O., Kirillova E.E. Localization of primary germ cells in Barents Sea cod larvae. *Doklady Akademii Nauk SSSR*, 2010, vol. 430, № 6, pp. 841–843. (In Russian)
Meyen V.A. On the annual cycle of ovarian changes in bony fish. *Izvestia SA USSR, Biology*, 1939, № 4, pp. 389–420. (In Russian)
Novikova O.V. Fishery, distribution and some biological features of saffron cod (*Eleginus gracilis* (Tilesius)) in the waters adjacent Kamchatka. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean*, 2002, issue 6, pp. 120–130. (In Russian)
Novikova O.V. *Dal'nevostochnaya navaga (Eleginus gracilis (Til.)) prikamchatskikh vod* [Far Eastern saffron cod (*Eleginus gracilis* (Til.)) of the waters adjacent Kamchatka. Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation]. Petropavlovsk-Kamchatskiy, 2007, 24 p.
Novikova O.V. Some peculiarities of distribution and biology of Pacific saffron cod (*Eleginus gracilis* (Tilesius)) of Southeastern Kamchatka. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean,* 2020, issue 57, pp. 99–116. (In Russian)
Oven L.S. *Osobennosti oogenezai kharakter neresta morskikh ryb* [Peculiarities of oogenesis and spawning behavior of marine fish]. Kiev: Naukova dumka, 1976, 132 p.
Pokrovskaya T.N. Geographic variability of saffron cod biology. Proceedings of the Institute of Oceanology of the Academy of Science of the USSR, 1960, vol. 31, pp. 19–110.
Polutov V.I., Tokranov A.M. Maturation rate and fecundity of cod *Gadus morhua macrocephalus* (Tilesius) of the Eastern Kamchatka coast. *Izvestia TINRO*, 1978, vol. 102, pp. 97–101. (In Russian)
Sakun O.A., Butskaya N.A. *Opredelenie stadiy zrelosti i izuchenie polovykh tsiklov ryb* [Determination of fish maturity stages and study of reproduction cycles]. Moscow: Znanie, 1963, 36 p.

Safronov S.N. Pacific saffron cod. The biological resources of the Pacific Ocean. Moscow: Nauka, 1986, pp. 201–212.
Sedova M.A., Mikodina E.V., Smirnov B.P., Karlysheva A.V., Meshkova M.G. Some peculiarities of oocyte structure of spawning herring in Bolshoi Vilyui Lake (Southeastern Kamchatka). *Chteniia pamiati V.Ya. Levanidova*, Vladivostok: Dalnauka, 2003, issue 2, pp. 460–468. (In Russian)
Sergeeva N.P. Dynamics of body weight and liver indices of cod fish on Eastern Kamchatka in relation to gonad maturation. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2020, issue 59, pp. 5–26. (In Russian)
Sergeeva N.P., Varkentin A.I., Buslov A.V. *Shkala stadii zrelosti gonad minaya. Metodicheskoe posobie* [Scale of Walleye Pollock Gonad Maturity: Methodological Manual]. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2011, 92 p.
Sergeeva N.P., Varkentin A.I. Patterns of maturation, gonad maturity gradation and cycle of maturation of Pacific cod (*Gadus macrocephalus*). *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2016, vol. 42, pp. 5–31. (In Russian with English abstract)
Sorokin V.P. Oogenesis and reproduction cycle in cod (*Gadus morhua morhua* L.). *Trudy PINRO*, 1957, vol. 10, pp. 125–144. (In Russian)
Stroganov A.N., Zhukova K.A. *Reproductivnaya sistema ryb Belogo morya: Ucheb. posobie po prakticheskomu kursu ikhtiologii* [Reproductive system of fish of the White Sea: Student manual on the fish biology practical course]. Moscow: Tov-vo nauch. izdaniy KMK, 2020, 38 p.
Trofimov I.K. Dynamics of size composition of saffron cod *Eleginus gracilis* in the course of reproductive cycle in the South-West Part of the Bering Sea. *The researchers of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2008, vol. 11, pp. 85–94. (In Russian)
Trofimov I.K. On the reproductive biology of saffron cod *Eleginus gracilis* of Ossora Bay (Southwestern Bering Sea). *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2009, issue 12, pp. 86–91. (In Russian)
Trofimov I.K. Distribution of juvenile saffron cod *Eleginus gracilis*, Tilesius (Gadiformes, Gadidae) on the shelf of Karaginsky, Korfa and Olyutorsky Bays, Bering Sea. *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo tsentra DVO RAN*, 2014, № 1, pp. 63–71. (In Russian)
Trofimov I.K., Sergeeva N.P. On the biology of saffron cod *Eleginus gracilis* in Avacha Bay (Southeastern Kamchatka). *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2014, issue 33, pp. 31–37. (In Russian)
Shirokova M.Ya. Peculiarities of early oogenesis of Baltic cod. *Trudy AtlantNIRO*, 1971, vol. 35, pp. 114–123.
Shirokova M.Ya. Peculiarities of sexual maturation of female Baltic cod *Gadus morhua callarias* L. *Problems of Fisheries*, 1977, vol. 17, № 4 (105), pp. 650–658. (In Russian)
Chmilevskiy D.A. On the issue of periodization of oogenesis of bony fish (review). *Problems of Fisheries*, 2003, vol. 43, № 3, pp. 375–387. (In Russian)
Khristoforov O.L. Gametogenesis and reproduction cycle of the Barents Sea polar cod (*Boreogadus saida* Lep.). *Trudy VNIRO*, 1978, vol. 130, part II, pp. 33–46. (In Russian)
Chan A., Yoshida H., Sacurai Y. Maturation, reproductive cycle and characteristics of spawning season of saffron cod, *Eleginus gracilis* (Tilesius) in waters of Hokkaido. *Japan. Sci. Rep. Hokkaido Fish*, 2005, Exp. Stn., vol. 68, pp. 45–64.
Chan A., Yoshida H., Sakurai Y. Reproductive behavior of saffron cod in captivity. *Sci. Rep. Hokkaido Fish*, 2008, Exp. Stn., vol. 73, pp. 35–44.

Информация об авторах
Н.П. Сергеева — гл. специалист Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)
А.И. Варкентин — канд. биол. наук, зам. руководителя Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)
Information about the authors
Nadezhda P. Sergeeva – Leading specialist (KamchatNIRO)
Alexander I. Varkentin – Ph. D. (Biology), Deputy Director (KamchatNIRO)

Статья поступила в редакцию: 13.09.2022
Одобрена после рецензирования: 17.10.2022
Статья принята к публикации: 18.10.2022

Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2022. Вып. 65. С. 26–41.
The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean. 2022. Vol. 65. P. 26–41.
ISSN 2072-8212 (print), ISSN 2782-6236 (online)

Научная статья / Original article
УДК 597.555.5:639.22
doi:10.15853/2072-8212.2022.65.26-41



НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ ПО ПРОМЫСЛУ, РАСПРЕДЕЛЕНИЮ И РАЗМЕРНОМУ СОСТАВУ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ НАВАГИ *ELEGINUS GRACILIS* TILESIUS, 1810 У ЮЖНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ

Ившина Эльза Рудольфовна, Метленков Алексей Владимирович

Сахалинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (СахНИРО), Южно-Сахалинск, Россия, e.ivshina@sakhniro.ru, a.metlenkov@sakhniro.ru

Аннотация. Приведены сведения по вылову, сезонной динамике, структуре прибрежного и судового промысла, размерно-возрастному составу уловов наваги у Южных Курильских островов. Рассмотрены распределение и размерный состав скоплений наваги в летне-осенний период по материалам донных траловых съемок. Показано, что навага у о. Кунашир, Малой Курильской гряды и тихоокеанского побережья о. Итуруп распределяется практически повсеместно. Облавливается она в течение всего года преимущественно при судовом промысле донных и придонных видов рыб в декабре в Южно-Курильском проливе, и в мае–июне при промысле рыб малыми ставными неводами у о. Кунашир. Несмотря на возрастающие в последние годы уловы, навага остается малоиспользуемым промысловым объектом.

Ключевые слова: навага дальневосточная, Южные Курильские острова, промысел, ставной невод, снюрревод, трал, распределение, размерно-возрастной состав

Для цитирования: Ившина Э.Р., Метленков А.В. Некоторые данные по промыслу, распределению и размерному составу дальневосточной наваги *Eleginus gracilis* Tilesius, 1810 у Южных Курильских островов // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2022. № 65. С. 26–41.

SOME DATA ON THE FISHERY, DISTRIBUTION AND SIZE COMPOSITION OF SAFFRON COD *ELEGINUS GRACILIS* TILESIUS, 1810 NEAR THE SOUTHERN KURIL ISLANDS

Elsa R. Ivshina, Aleksey V. Metlenkov

Sakhalin Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (SakhNIRO), Yuzkhno-Sakhalinsk, Russia, e.ivshina@sakhniro.ru, a.metlenkov@sakhniro.ru

Abstract. Data on harvesting, seasonal dynamics, structure of coastal and marine fishery, size and age composition of saffron cod catches near the Southern Kuril Islands are given. Summer–autumn distribution and size composition of saffron cod aggregations is considered based on the data of bottom trawl surveys. Distribution of saffron cod is shown almost everywhere near Kunashir Island, the Lesser Kuril Ridge and Pacific coast of Iturup Island. Harvesting is provided throughout the year, but mainly at December fishing for bottom and demersal fish species in the South Kuril Strait and May–June fishing with small fixed nets near Kunashir. Although catches of saffron cod have increased in recent years, the species is still under exploited commercially.

Keywords: saffron cod, Southern Kuril Islands, fishery, fixed gill net, Danish seine, trawl, distribution, size and age composition

For citation: Ivshina E.R., Metlenkov A.V. Some data on fishery, distribution and size composition of the saffron cod *Eleginus gracilis* Tilesius, 1810 near the Southern Kuril Islands. The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean. 2022. Vol. 65. P. 26–41.

Дальневосточная навага *Eleginus gracilis* Tilesius, 1810 широко распространена в дальневосточных морях, в том числе у о. Сахалин и у Южных Курильских островов и повсеместно является объектом промысла. В Сахалино-Курильском регионе основной вылов наваги приходится на юго-восточное побережье о. Сахалин, включая зал. Терпения. В 2010–2020 гг. здесь в среднем изымалось около 68% всей наваги при среднегодовом ее вылове 5,9 тыс. т. В северо-восточной части Татарского пролива ежегодный вылов составляет в среднем 0,9 тыс. т (10%), в Сахалинском заливе — 0,3 тыс. т (3%), в заливах северо-восточного побережья острова — 0,03 тыс. т (менее 1%). В зал. Терпения лов осуществляется на нерестовых скоплениях вида маломерным флотом, преимущественно в январе, с применением близнецовых тралов. В феврале–марте местный промысел базируется на посленерестовых скоплениях рыб с применением наважьих ловушек. В Татарском проливе, Сахалинском заливе и заливах северо-

© Ившина Э.Р., Метленков А.В., 2022

восточного побережья Сахалина промысел ведется в зависимости от ледовой обстановки, с декабря по март, с применением наважьих ловушек.

Дополнительным районом промысла наваги является акватория Южных Курильских островов, где обитает курило-хоккайдская популяция вида (Сафронов, 1986). Навага в этом районе имеет давнюю историю освоения, однако при относительно небольших уловах относится к второстепенным объектам промысла. В последнее десятилетие уловы в среднем находились на уровне 1,4 тыс. т, что составляет порядка 18% от общего вылова этого вида в Сахалино-Курильском регионе. В суммарном вылове рыб в Южно-Курильской рыбопромысловой зоне доля наваги невелика и не превышает 0,4% (Чернявский, 1958; Сафронов, 1980; Промысел биоресурсов.., 2013; Ким, Бирюков, 2009; Новикова, 2014). Тем не менее она имеет определенное значение в структуре рыболовства района, составляет основу прибрежного промысла в весенние месяцы и является ценным объектом для местного рынка.

Общая информация по наваге Южных Курильских островов весьма ограничена. Наиболее подробные сведения по распределению и биологической характеристике опубликованы в середине 1980-х гг., а по промыслу имеются лишь разрозненные данные за отдельные периоды лет (Сафронов, 1985, 1986; Атлас количественного распределения.., 2003; Ким, Бирюков, 2009; Промысел биоресурсов.., 2013). Исходя из этого, цель настоящей работы заключается в характеристике современного состояния промысла, распределения и размерного состава скоплений наваги у Южных Курильских островов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы сведения по вылову наваги в Южно-Курильской зоне по данным отраслевой системы мониторинга Росрыболовства (ОСМ Росрыболовства), доступные посредством программы “FSM analyst” (Vasilets, 2015) и Сахалино-Курильского территориального управления Росрыболовства.

Пространственное распределение наваги оценивали на основе материалов донных траловых съемок, выполненных у Южных Курильских островов на научно-исследовательских судах «Профессор Пробатов» в сентябре–октябре 2010, 2011 гг., «Дмитрий Песков» в августе–сентябре 2014 г, октябре 2020 г. и «Бухоро» в июле 2018 г. Траловые станции (всего 433) выполнялись на глубинах от 17 до 521 м с использованием донных тралов ДТ/ТВ 30,0/25 м и ДТ/ТВ 27,1/24,4, оснащенных мягким грунтропом и мелкоячейной вставкой 10×10 мм в кутце (рис. 1).

Расчет плотности скоплений рыб выполняли с учетом данных по уловам, параметров трала, продолжительности и площади траления. Коэффициент уловистости трала во всех случаях принят 0,4 (Тарасюк и др., 2000; Атлас количественного распределения.., 2003).

Размерный состав наваги определяли из промысловых уловов малых ставных неводов в мае–июне 2010–2020 гг. (44 073 экз.), снюрреводов в октябре–марте 2010, 2017, 2018 и 2020 гг. (2347 экз.) и уловов донных тралов научно-исследовательских судов в июле–октябре 2010, 2011, 2014, 2016, 2018 и 2020 гг. (4978 экз.). Обработку проводили по стандартной принятой в ихтиологических исследованиях методике (Правдин, 1966). Схема районов отбора проб из промысловых уловов малыми ставными неводами показана на рисунке 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Промысел

Навага курило-хоккайдской популяции издавна является важным промысловым объектом у берегов Южных Курильских островов и северо-восточного побережья о. Хоккайдо, а ее вылов в отдельные годы достигал значительных величин. Согласно С.Н. Сафронову (1986), у северо-восточного побережья о. Хоккайдо в прибрежных водах г. Немуро и г. Кусиро вылавливалось до 5–8 тыс. т в год.

У Южных Курил самостоятельный промысел наваги никогда не был развит. Эта рыба всегда учитывалась как прилов при промысле других видов рыб, а ее вылов варьировался от десятков килограммов до нескольких тысяч тонн. Сведения об объемах вылова наваги у Южных Курил до 1950-х гг. отсутствуют. В 1952–1955 гг. у побережья о. Кунашир суммарная добыча наваги составляла 0,28 тыс. т (Чернявский, 1958). В период с 1958 по 2020 гг., по имеющейся статистике, максимальный вылов отмечен в 1973–1974 гг. и достигал на южно-курильском мелководье 3,8–4,0 тыс. т.

У Южных Курильских островов промысел наваги осуществляется российскими и японскими рыбаками по межгосударственным соглашениям. Информация об объемах вылова наваги японцами до введения в 1978 г. ограничений на вылов рыбы иностранными судами

в территориальных водах СССР в научной литературе отсутствует. В 1978–1983 гг. японский вылов наваги в южнокурильских водах варьировался от 7,1 до 12,2 тыс. т в год (в среднем 9,2 тыс. т), при числе судов на промысле, достигавшем 25–44 единиц. Основной вылов (до 90%) приходился на октябрь–декабрь, когда навага образует скопления на путях преднерестовых миграций (Сафронов, 1985).

Поскольку навага является объектом прилова, то статистические данные о количестве выловленной рыбы имеются не за все годы промысла, а регулярные сведения стали доступны с конца 1990-х гг. Наибольшие годовые уловы российского флота фиксируются с начала 2000-х гг. и ежегодно возрастают. После 2010 г., в связи с общим развитием и интенсификацией рыболовства на Южных Курилах, наблюдается и увеличение объемов вылова наваги до 1,5–2,3 тыс. т в год (рис. 2).

До 2009 г. прилов наваги осуществлялся на промысле минтая, трески и камбал судами различного водоизмещения (далее судовой промысел) и, частично, малыми ставными неводами-каравками у побережья о. Кунашир (далее прибрежный промысел) в весенние и первые летние месяцы. С 2009 г. у о. Кунашир началось интенсивное развитие прибрежного промысла «разнорыбицы» в апреле–июне, что позволило увеличить вылов зубастой и морской малоротой корюшек, кунджи и наваги. В последние годы объемы изъятия наваги бригадами прибрежного лова ежегодно составляют порядка 0,5–1,0 тыс. т. В 2010–2020 гг. средние уловы каравками находились на уровне 0,6 тыс. т или 43% от суммарного годового изъятия наваги у Южных Курил. Основной объем вылова (в среднем 0,8 тыс. т / 57%) приходится на судовой промысел и ежегодно увеличивается: от 0,4–0,6 тыс. т (30–85% годового изъятия) в 2010–2012 гг. до 1,5–1,8 тыс. т в 2019–2020 гг. (60–80%) (рис. 3).

Вылов наваги осуществляется в течение всего года, однако величина уловов в разные месяцы существенно варьируется: минимальные уловы на уровне 20–100 т отмечаются в июле–ноябре, максимальные, до 250–480 т, характерны для мая–июня и декабря. Причем в мае–июне лов осуществляется почти исключительно малыми ставными неводами, а в декабре — с использованием судов (рис. 4).

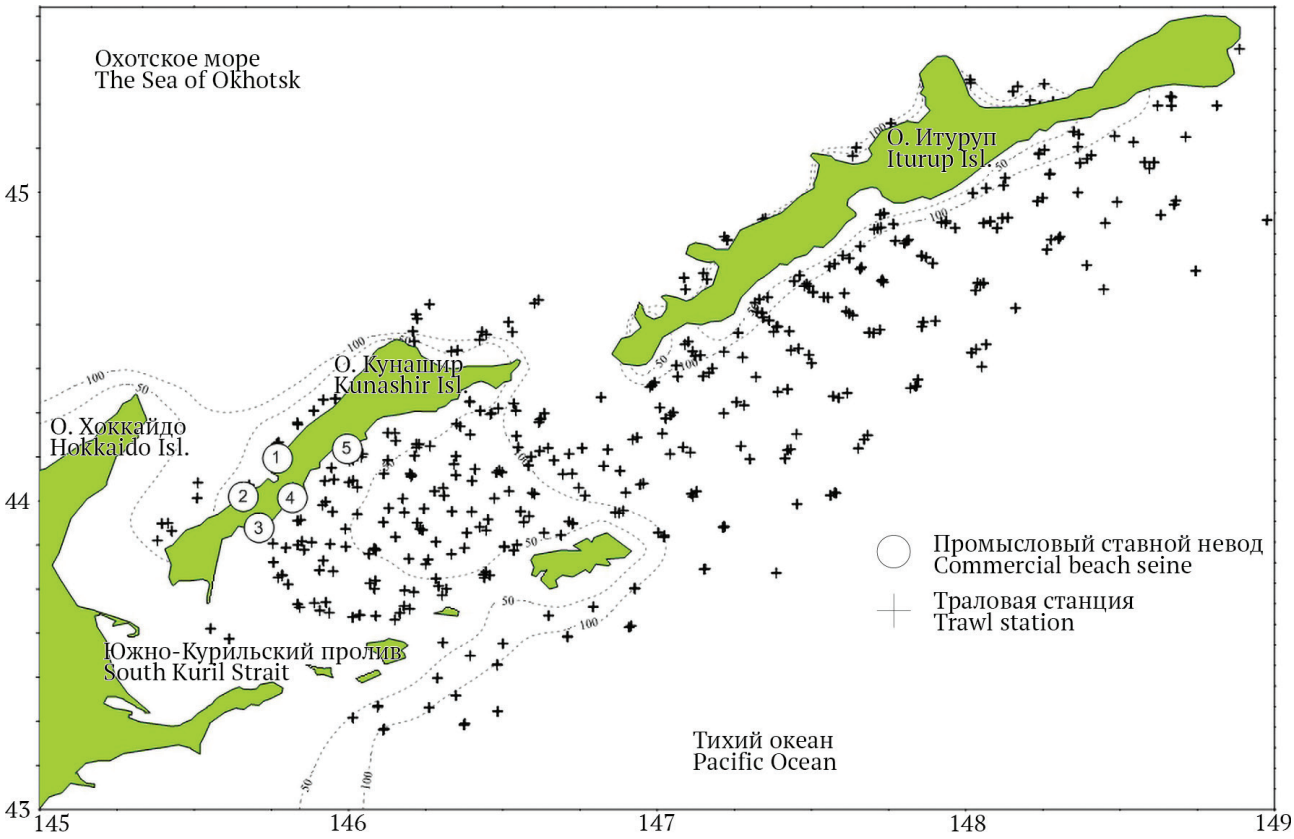


Рис. 1. Схема района сбора данных, участки постановок малых ставных неводов: 1 — бух. Первухина, 2 — вблизи м. Круглого, 3 — вблизи р. Серноводка, 4 — бух. Южно-Курильская, 5 — вблизи р. Илюшина
Fig. 1. Scheme of the data collection area and the plots of setting small stationary nets: 1 – Pervukhina Bay, 2 – nearby the Cape Kruglyy, 3 – near the Sernovodka R., 4 – Yuzhno-Kurilskaya Bay, 5 – near the Ilyushina R.

Величина и доля вылова в районе японскими рыбаками незначительная и составляет в среднем не более 1,5% от общего объема изъятия вида, ежегодно уменьшаясь. В 2010–2020 гг. японский вылов наваги не превышал 0,12 тыс. т (2012 г.), а в среднем находился на уровне 0,04 тыс. т. (табл. 1). Японские рыбаки облавливают навагу в российской зоне в пределах разрешенной для лова акватории с тихоокеанской стороны Малой Курильской гряды и о. Итуруп на глубинах 170–350 м в ноябре–апреле при промысле терпугов и минтая донными тралами.

Стоит подчеркнуть, что, несмотря на суммарные возрастающие уловы наваги, предлагаемые объемы изъятия этого ресурса у Южных Курильских островов осваиваются в среднем не более чем наполовину. В последнее десятилетие предлагалось выловить порядка 3–4 тыс. т, а освоение в среднем составляло около 45% (1,4 тыс. т) (табл. 1).

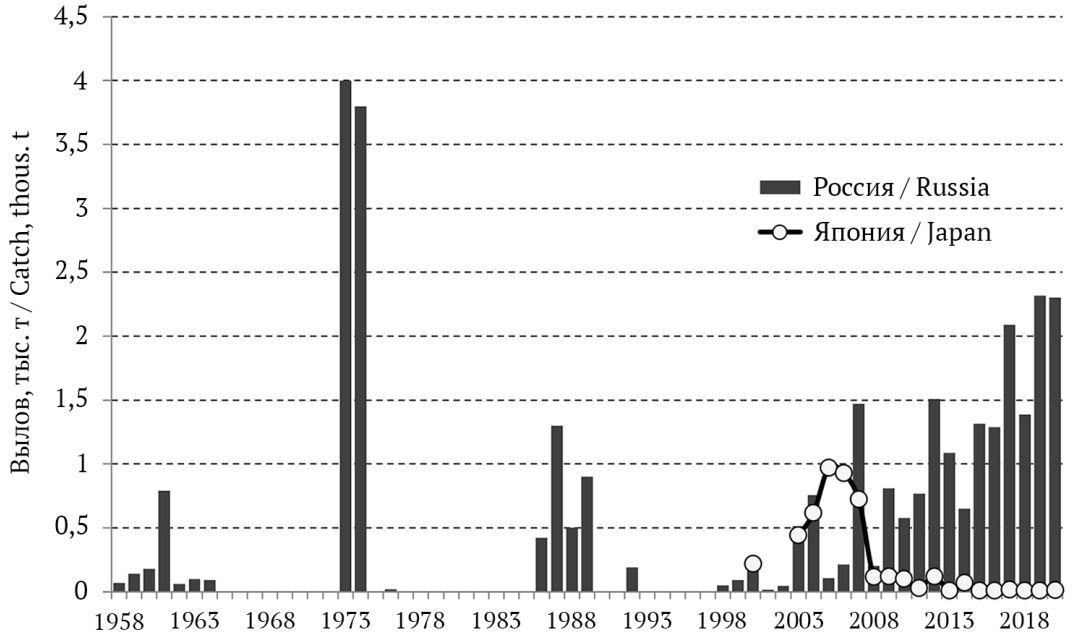


Рис. 2. Вылов наваги у Южных Курильских островов в 1958–2020 гг.
Fig. 2. The catch of saffron cod near the Southern Kuril Islands in 1958–2020

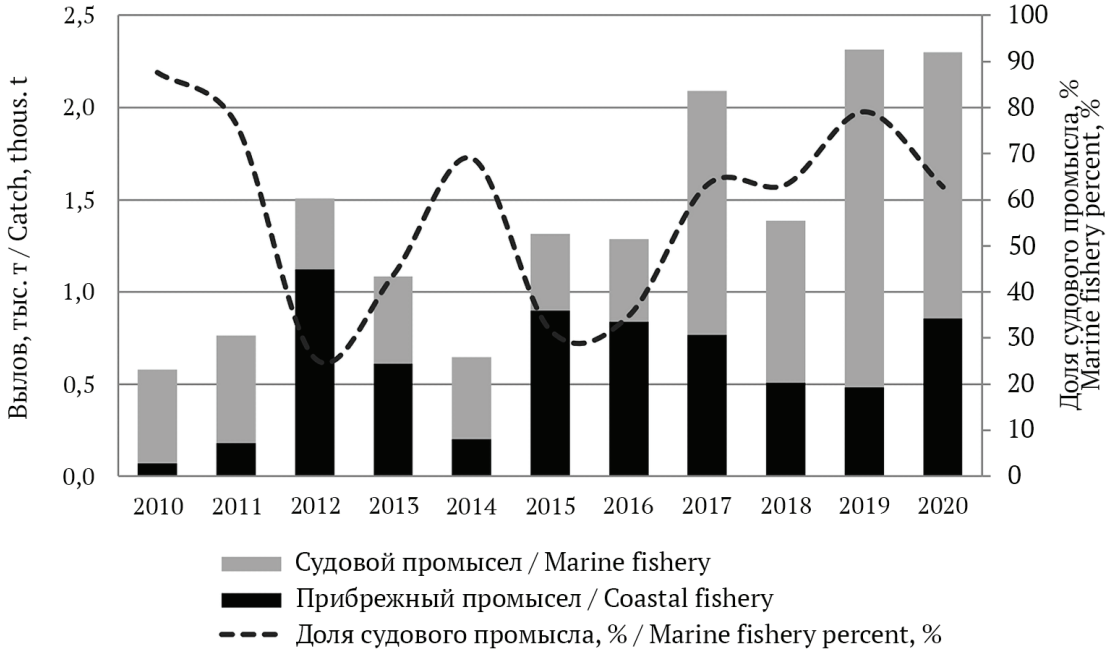


Рис. 3. Вылов наваги у Южных Курильских островов при судовом и прибрежном промысле в 2010–2020 гг.
Fig. 3. Marine and coastal catches of saffron cod near the Southern Kuril Islands in 2010–2020

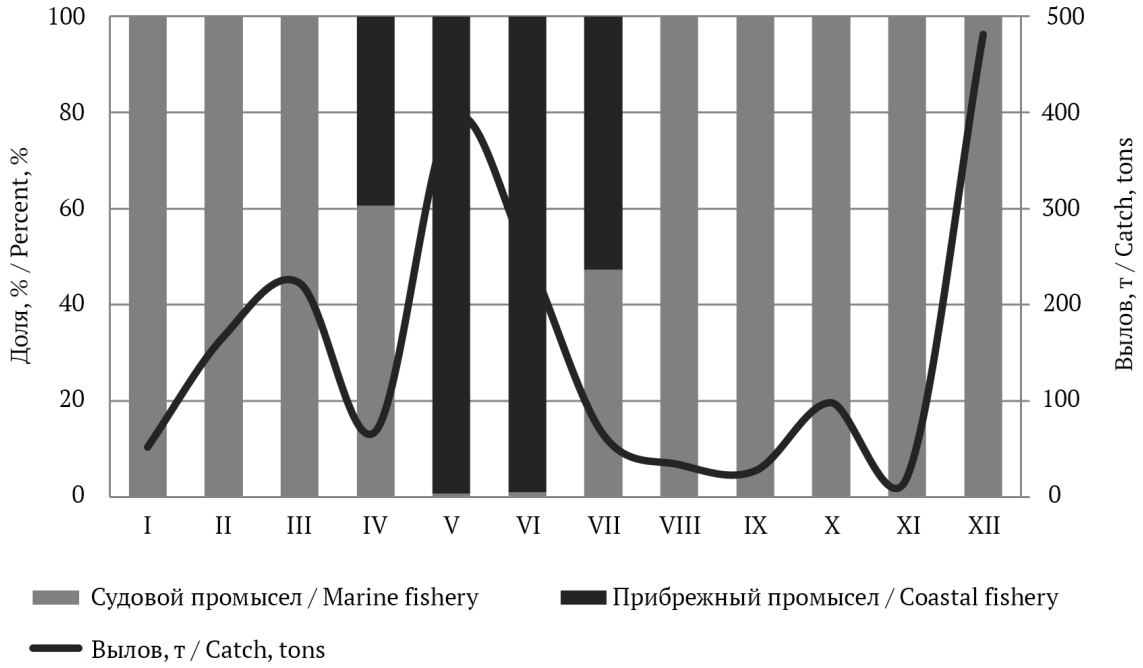


Рис. 4. Вылов и соотношение уловов наваги помесячно по видам промысла, осредненные данные за 2016–2020 гг.
Fig. 4. The catch of saffron cod and monthly ratio of contributions from different types of fishery, averaged data for 2016–2020

Таблица 1. Вылов, общий допустимый улов (ОДУ) и освоение ОДУ наваги у Южных Курильских островов в 2010–2020 гг., тыс. т
Table 1. Catch, TAC and TAC development of saffron cod near the Southern Kuril Islands in 2010–2020, thous. t

Год Year	Вылов РФ Catch of Russia			Вылов Японии Catch of Japan	ОДУ, TAC	Освоение ОДУ,% Development		
	судовой ship's fishery	прибрежный coastal fishery	всего total			РФ Russia	Япония Japan	Всего Total
2010	0,51	0,07	0,58	0,10	2,88	20,1	3,5	23,6
2011	0,59	0,18	0,77	0,03	2,78	27,5	0,9	28,4
2012	0,39	1,12	1,51	0,12	2,78	54,2	4,2	58,4
2013	0,47	0,61	1,09	0,05	2,70	40,2	1,8	42,0
2014	0,45	0,20	0,65	0,06	2,70	24,0	2,4	26,4
2015	0,42	0,90	1,32	0,01	2,70	48,7	0,4	49,1
2016	0,45	0,84	1,29	0,01	2,56	50,3	0,5	50,8
2017	1,32	0,77	2,09	0,02	3,80	55,0	0,4	55,4
2018	0,88	0,51	1,39	0,01	4,20	33,0	0,2	33,3
2019	1,83	0,48	2,32	0,01	3,16	73,3	0,3	73,6
2020	1,44	0,86	2,30	0,00	3,67	62,7	0,0	62,7
Среднее Average	0,79	0,59	1,39	0,04	3,09	44,5	1,3	45,8

Прибрежный промысел наваги у побережья о. Кунашир обычно ведется с охотоморской стороны в районе бух. Первухина и м. Круглого, с тихоокеанской — бух. Южно-Курильской и акватории вблизи рек Серноводка и Илюшина (рис. 1). В разные годы в ходе промысла рыб у тихоокеанского и охотоморского побережий о. Кунашир выставляется до 10–13 малых ставных неводов.

Весенний прибрежный промысел рыб, включая навагу, длится до 60 дней, с середины–конца апреля до середины–конца июня, когда в прибрежье формируются наиболее плотные скопления наваги, азиатской зубастой и морской малоротой корюшек, что позволяет вести их эффективный промысел. Более длительной организации лова «прибрежных» видов рыб, кроме их нагульных миграций из мелководной зоны, препятствует переориентирование на добычу тихоокеанских лососей в июле, которая экономически более выгодна. В апреле–июне в уловах ставных неводов отмечается более 50 видов рыб, основу уловов по численности и биомассе составляют навага, зубастая и морская малоротая корюшки, кунджа и, начиная с 2017–2018 гг., сельдь. Навага представляет порядка 85% уловов ставных неводов у побережья о. Кунашир; остальные 15%, согласс-

но данным промысловой статистики, обеспечивают корюшки и кунджа.

В период лова каравками около 60–70% уловов наваги приходятся на май, в июне вылавливается около 20–40% этого вида, и к июлю уловы заметно уменьшаются. Суточные уловы на ставной невод у побережья острова существенно варьируются: от нескольких килограммов до 30–40 т. Максимальные уловы наблюдаются обычно в относительно закрытых бухтах Южно-Курильской и в районе р. Серноводки, что объясняется преимущественным распределением наваги с тихоокеанской стороны острова в Южно-Курильском проливе (Сафронов, 1986). У тихоокеанского побережья острова навага составляет до 90% уловов ставных неводов, а у охотоморского побережья — до 70–80%.

Судовой лов наваги (учет в качестве прилова) осуществляется практически в течение всего года, но в основном осенью–зимой в ходе российского промысла минтая, трески и камбал. При этом доля наваги в суммарном вылове отмеченных рыб минимальная (Промысел биоресурсов.., 2013) и, например, в 2010–2020 гг. не превышала 1%.

До 96–100% судовых уловов наваги фиксируется в Тихоокеанской Южно-Курильской подзоне, и лишь незначительная часть отмечается в Охотоморской подзоне. Основным районом лова является Южно-Курильский пролив. Число судов, отчитывающихся о вылове наваги в последнее десятилетие, изменялось от 14 (11 в 2016 г.) до 18 единиц. В рассматриваемый период навага облавливалась в ходе промыслов с применением снюрреводов, разноглубинных и донных тралов различных конструкций маломерными (ММРС), малыми (МДС, МРТР, МКРТМ, РС), средними (СРТМ, СДС, СТР) и крупными (БМРТ, РТМ) судами. Основной объем вылова, в среднем 77%, приходится на снюрреводы, тогда как разноглубинными и донными тралами осваивается примерно равное количество наваги, 13% и 10% соответственно (рис. 5).

В снюрреводных уловах навага отмечена на глубинах до 250 м, наиболее часто (85% уловов) — на глубинах 50–100 м со средними суточными уловами 1–2 т и максимальными до 50–65 т. Глубже 150 м уловы на судо-сутки в среднем не превышают 0,5 т.

С помощью тралов, в целом, навага облавливается на глубинах до 300–375 м. В среднем максимальные суточные уловы до 40–60 т и средние уловы до 2–7 т приходятся на глубины 75–125 м. В интервале глубин 150–250 м уловы

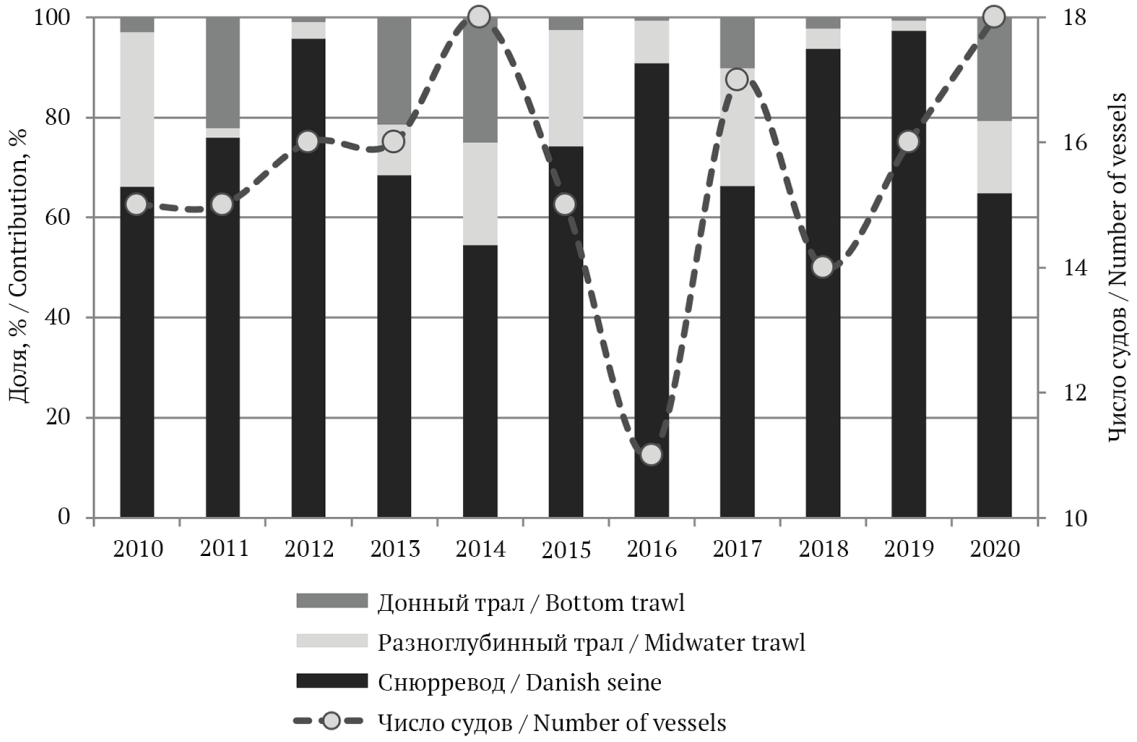


Рис. 5. Соотношение уловов наваги снюрреводами и тралами и число судов на промысле в 2010–2020 гг.
Fig. 5. The number of fishing vessels and the ratio between Danish seine and trawl catches of saffron cod in 2010–2020

уже редко превышают 8–10 т, а средние держатся на уровне 1–1,5 т (рис. 6). Донными тралами российским флотом облавливаются главным образом скопления на глубинах 75–125 м, средние суточные уловы находятся на уровне 4–5 т в сутки. Для японских судов на глубинах 170–300 м донные тралы обеспечивали наибольшие уловы на 175–225 м при среднем вылове 1,1 т, максимальном — до 5–7 т (данные 2010–2014 гг.). В разноглубинные тралы навага попадается на глубинах 20–225 м, иногда до 375 м, но лучшие уловы фиксируются на глубинах 100–125 м. В пределах этого узкого диапазона средний улов на судо-сутки составляет 2–2,5 т.

Повышенные максимальные снюрреводные уловы наваги, по сравнению с траловыми, в первую очередь объясняются преимущественной локализацией маломерных и среднетоннажных судов, использующих эти орудия лова в Южно-Курильском проливе на глубинах до 100 м, где сосредоточены основные скопления наваги.

В сезонном аспекте с помощью судов наиболее успешно навага облавливается в холод-

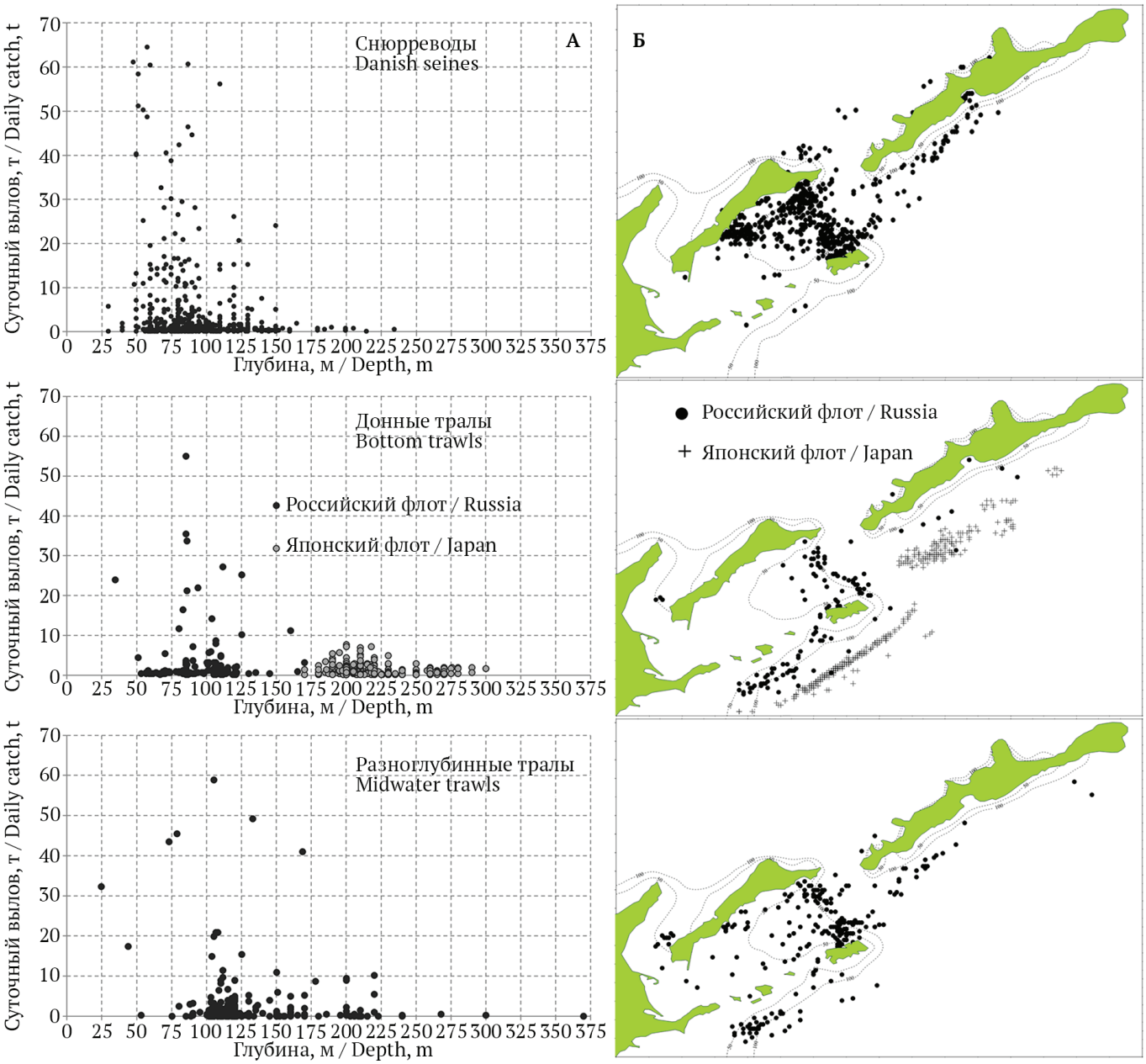


Рис. 6. Суточные уловы (тонн) наваги снюрреводами и тралами в зависимости от глубины (А) и локализация судов (Б), суммированные данные по российскому флоту за 2010–2020 гг., японскому флоту за 2010–2014 гг.
Fig. 6. Daily Danish seine and trawl catches (tons) of saffron cod depending on fishing depth (A) and location of vessel (Б), Russian fleet summary data for 2010–2020 and Japanese fleet data for 2010–2014

ное время года, когда она образует преднерестовые и нерестовые скопления, максимальные уловы приходятся обычно на декабрь (Сафронов, 1986; Промысловые ресурсы.., 2013). С апреля по октябрь–ноябрь по причине разреженности скоплений рыб в южно-курильских водах судовой промысел вида малоэффективен, уловы минимальные в году (см. рис. 4). Например, в 2018 г. навага попадалась в уловах в период образования нерестовых и посленерестовых скоплений в феврале – начале марта и преднерестовых — в декабре в Южно-Курильском проливе. В 2019–2020 гг. уловы наваги фиксировались в проливе почти исключительно в октябре–декабре на преднерестовых скоплениях. Во всех случаях максимальные суточные уловы достигали 30–60 т в сутки, средние показатели в эти годы возросли от 3 т в 2018 г. до 6 т в 2020 г. (рис. 7).

Распределение

Батиметрическая и сезонная динамика уловов наваги определяется характером ее пространственного распределения и сезонными миграциями в южно-курильских водах. Навага у Южных Курил, как известно, максимальные

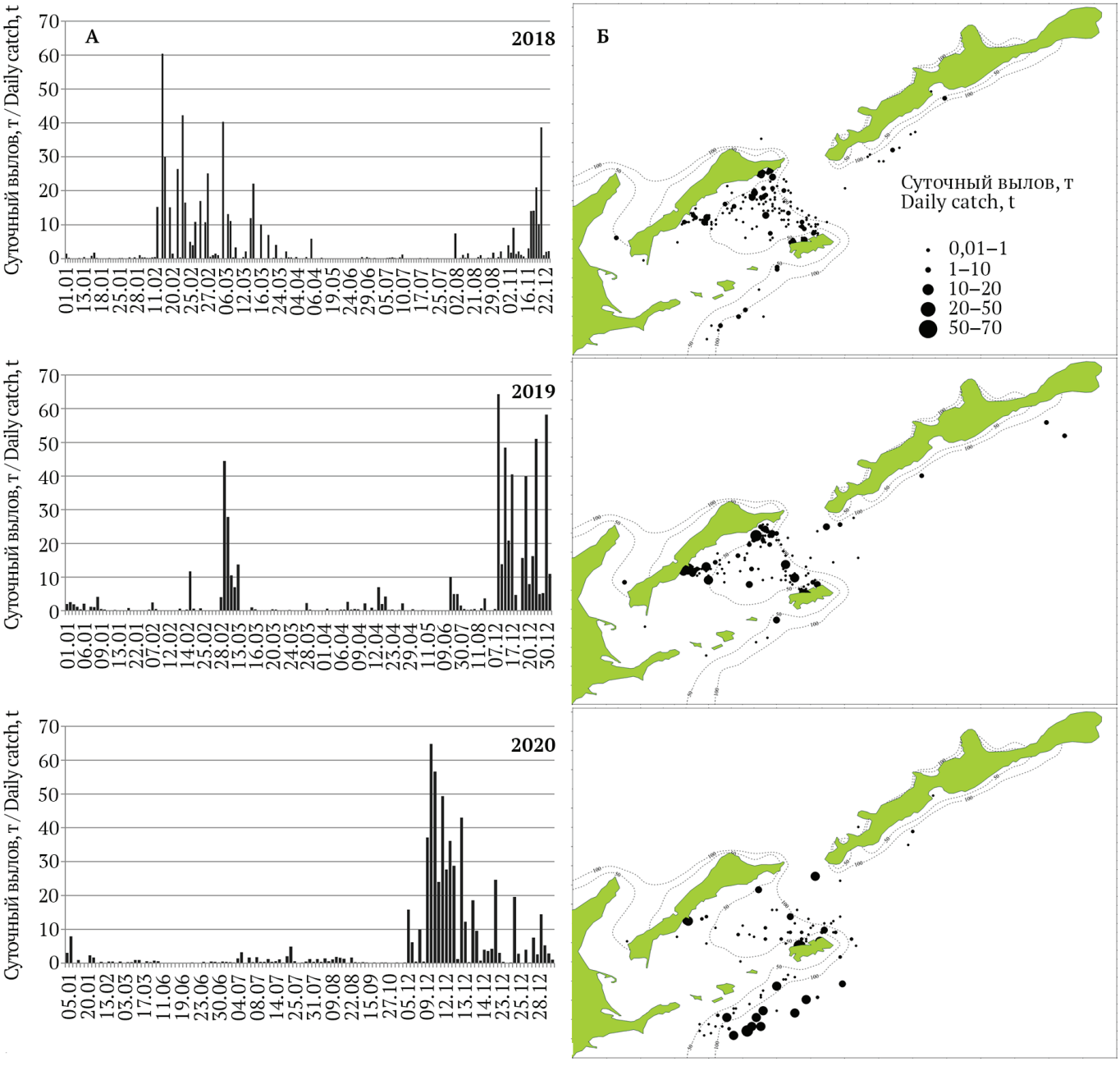


Рис. 7. Суточная динамика (А) и локализация (Б) уловов наваги промысловыми судами в 2018–2020 гг.
Fig. 7. Daily saffron cod catch dynamics (A) and location of fishing vessels (Б) in 2018–2020

по плотности скопления образует в период нереста вблизи о. Кунашир в январе–феврале. После нереста в феврале–апреле она мигрирует с мест нереста и широко распространяется вдоль шельфа островов, и нагуливается в Южно-Курильском проливе и с океанской стороны о. Итуруп и Малой Курильской гряды на глубинах до 350 м. Летом и осенью навага занимает наибольшую площадь шельфа. Нагул неполовозрелых рыб и впервые созревающих особей проходит на южно-курильском мелководье, в Кунаширском проливе и с океанской стороны о. Хоккайдо. В ноябре–декабре навага мигрирует с мест нагула на мелководье для нереста (Сафронов, 1985, 1986; Ким, Бирюков, 2009).

В летний и осенний нагульный период, как показали научные траловые съемки последнего десятилетия, навага концентрируется преимущественно в Южно-Курильском проливе, наиболее прогретой за счет влияния течения Соя акватории у Южных Курил (Бобков, 1995; Шевченко, Частиков, 2010). Незначительная часть рыб отмечается с океанской стороны Малой Курильской гряды и у охотоморского побережья о. Кунашир на глубинах до 150–200 м. Высокочисленных скоплений навага в этот время года не образует, что характерно для летнего и осеннего нагула. В годы наблюдений плотность скоплений рыб в траловых уловах обычно не превышала 1 т/кв. милю (0,05–3 кг/час траления) и только в отдельных случаях достигала 10–43 т/кв. милю (50–250 кг/ час траления) (рис. 8).

Несмотря на то, что навага встречается в пределах всего пролива, наиболее плотные

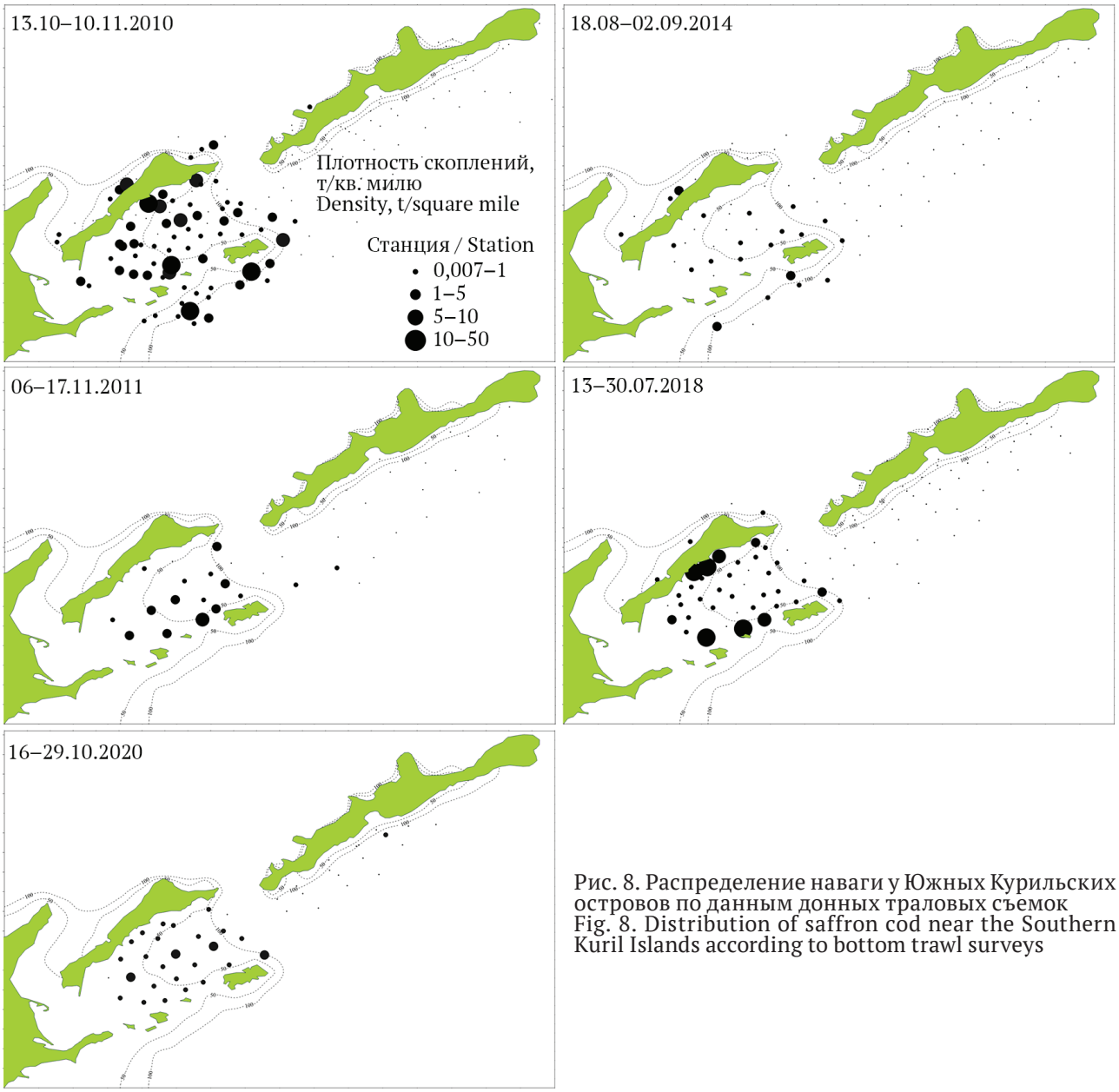


Рис. 8. Распределение наваги у Южных Курильских островов по данным донных траловых съемок
Fig. 8. Distribution of saffron cod near the Southern Kuril Islands according to bottom trawl surveys

косяки формируются на глубинах до 50 м. Так, например, в июле 2018 г. навага держалась почти исключительно в прогретой прибрежной зоне на глубинах до 50 м при температуре воды 5–8 °С. В сентябре–октябре 2010, 2011 и 2020 гг. навага также концентрировалась в основном на глубинах до 50 м при придонной температуре воды 10–18 °С. Отдельные скопления рыб наблюдались на глубинах 75–110 м с океанской стороны Малой Курильской гряды и в северной части Южно-Курильского пролива при температуре воды 2–10 °С. Сходное распределение наблюдалось в августе 2014 г., когда основные концентрации рыб фиксировались с океанской стороны Малой Курильской гряды на глубине 75–100 м и при температуре воды 4–8 °С (рис. 9).

Биологическая характеристика

Навага Южных Курильских островов характеризуется высоким темпом роста, отличается от других популяций наваги в дальневосточных морях наиболее крупными размерами, достигает длины 53 см и возраста 8 лет. Полное половое созревание рыб приходится на возраст 2 года при длине 20–27 см (Сафронов, 1985, 1986, 1986а; Chen, Sakurai, 1993; Chan et al., 2005).

В промысловых уловах длина наваги не превышает 45–47 см. В частности, в мае–июне 2010–2020 гг. в ходе промысла «разнорыбицы» малыми ставными неводами у побережья о. Кунашир в уловах отмечались рыбы длиной 14–47 см массой 20–750 г в возрасте от 1+ до 7+ лет (рис. 10, 11). Основу уловов, в среднем порядка 80% при варьировании в разные годы от 54 до 90%, формировали трех- и четырехлетки длиной 26–38 см. Особи старше 3+ существенного значения в уловах не имеют, их суммарная доля не превышала 17%, в среднем находилась на уровне 8%. Доля двухлеток обычно была 10–14%, лишь в 2014–2016 гг. их доля возрастала до 30–40%. Высокая доля рекрутов в уловах связана с повышенной численностью рыб генераций 2013–2015 гг. рождения. Такое появление в стаде поколений высокой численности несколько лет подряд характерно для наваги (Сафронов, 1986).

Численность рыб непромыслового размера в прибрежье в разные годы варьировалась в довольно широких пределах: от 1,1% в 2010 г. до 22–28% в 2014–2016 гг. Промысловый размер наваги составляет 19 см, согласно Правилам рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна (Приказ Минсельхоза России от 23.05.2019 № 267), или по длине всей рыбы (AB) около 20–21 см, что соответствует в рассматриваемом районе размеру годовиков. Подчеркнем, что промысловый размер рыб в документе указан безотносительно к размерно-возрастной структуре и темпу полового созревания наваги эксплуатируемых популяций (стад) в дальневосточных морях.

Размерный состав наваги из уловов снюрреводов мало отличается от такового из ставных неводов. В снюрреводных уловах в поздние осенние и зимние месяцы отмечаются рыбы длиной от 14–15 до 40–45 см, основу скоплений формируют особи 25–40 см (рис. 10).

В целом, в промысловые орудия лова попадаются преимущественно половозрелые рыбы длиной от 20 см в возрасте от 2+ и старше. Относительно небольшое число малоразмерных неполовозрелых рыб объясняется, в первую очередь, селективностью орудий лова и, в некоторой степени, территориальной разобщенностью молоди и крупных половозрелых рыб

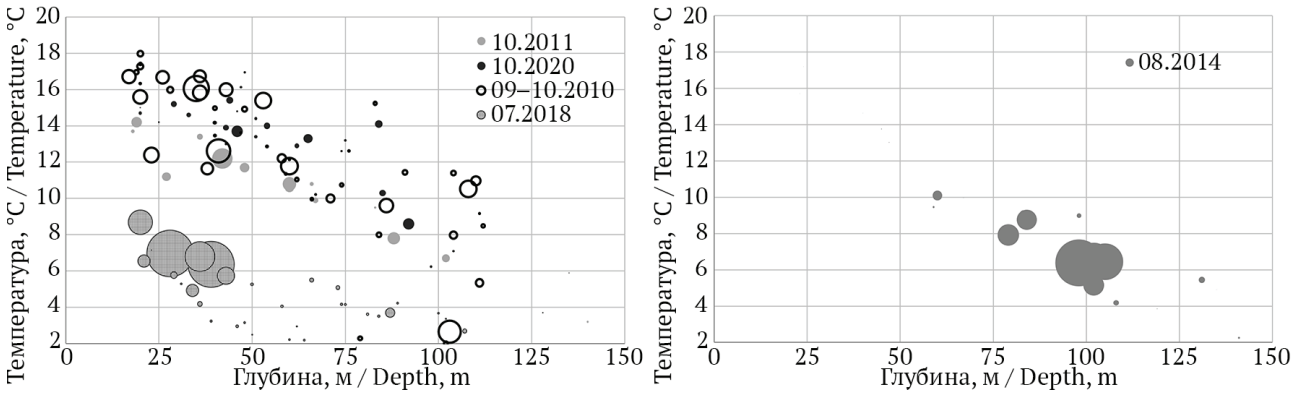


Рис. 9. Распределение наваги (т/кв. милю) в зависимости от глубины и придонной температуры воды по данным донных траловых съемок
Fig. 9. Distribution of saffron cod (t/sq. mile) depending on the depth and bottom water temperature according to bottom trawl surveys

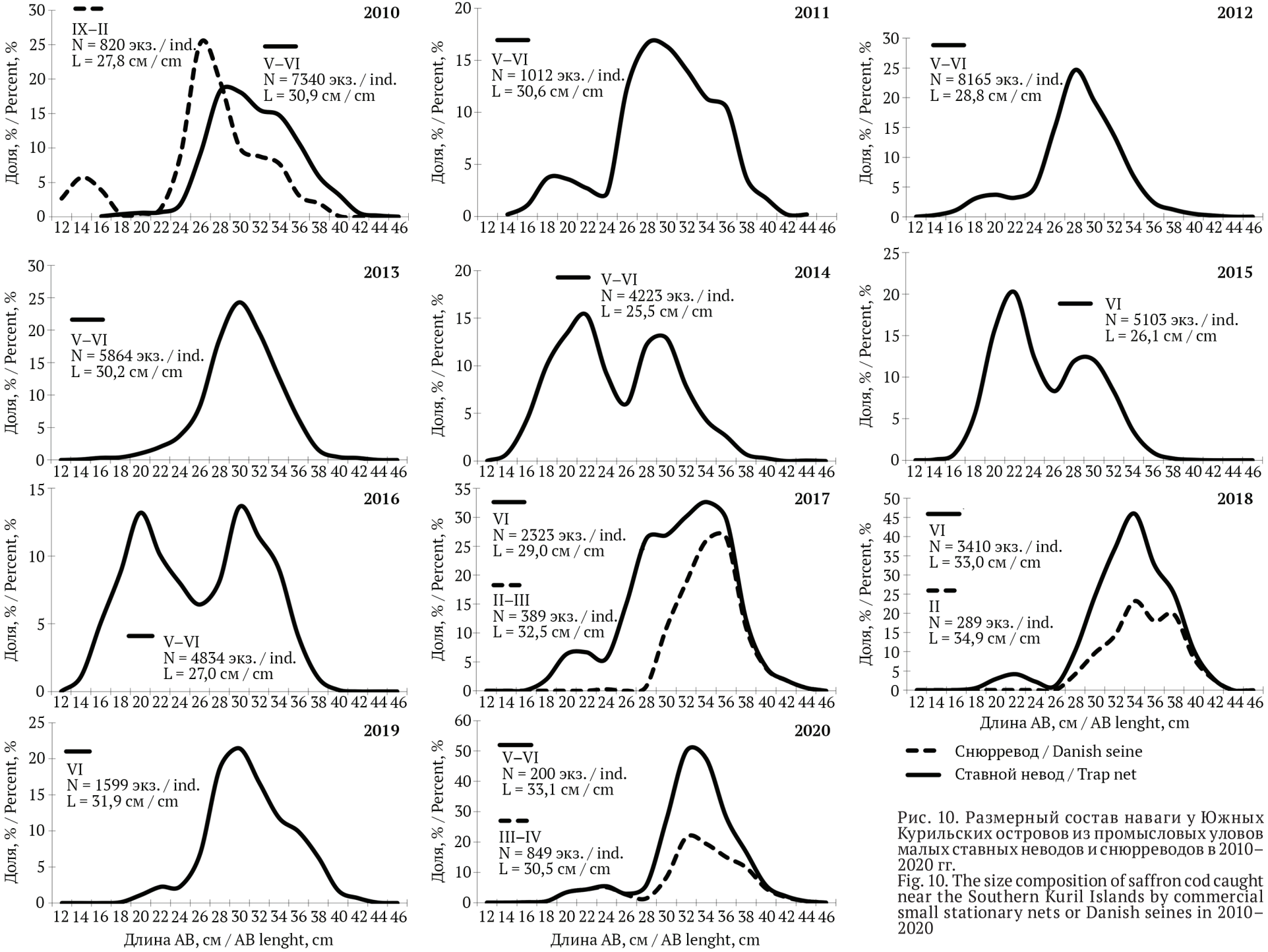


Рис. 10. Размерный состав наваги у Южных Курильских островов из промысловых уловов малых ставных неводов и снюрреводов в 2010–2020 гг.

Fig. 10. The size composition of saffron cod caught near the Southern Kuril Islands by commercial small stationary nets or Danish seines in 2010–2020

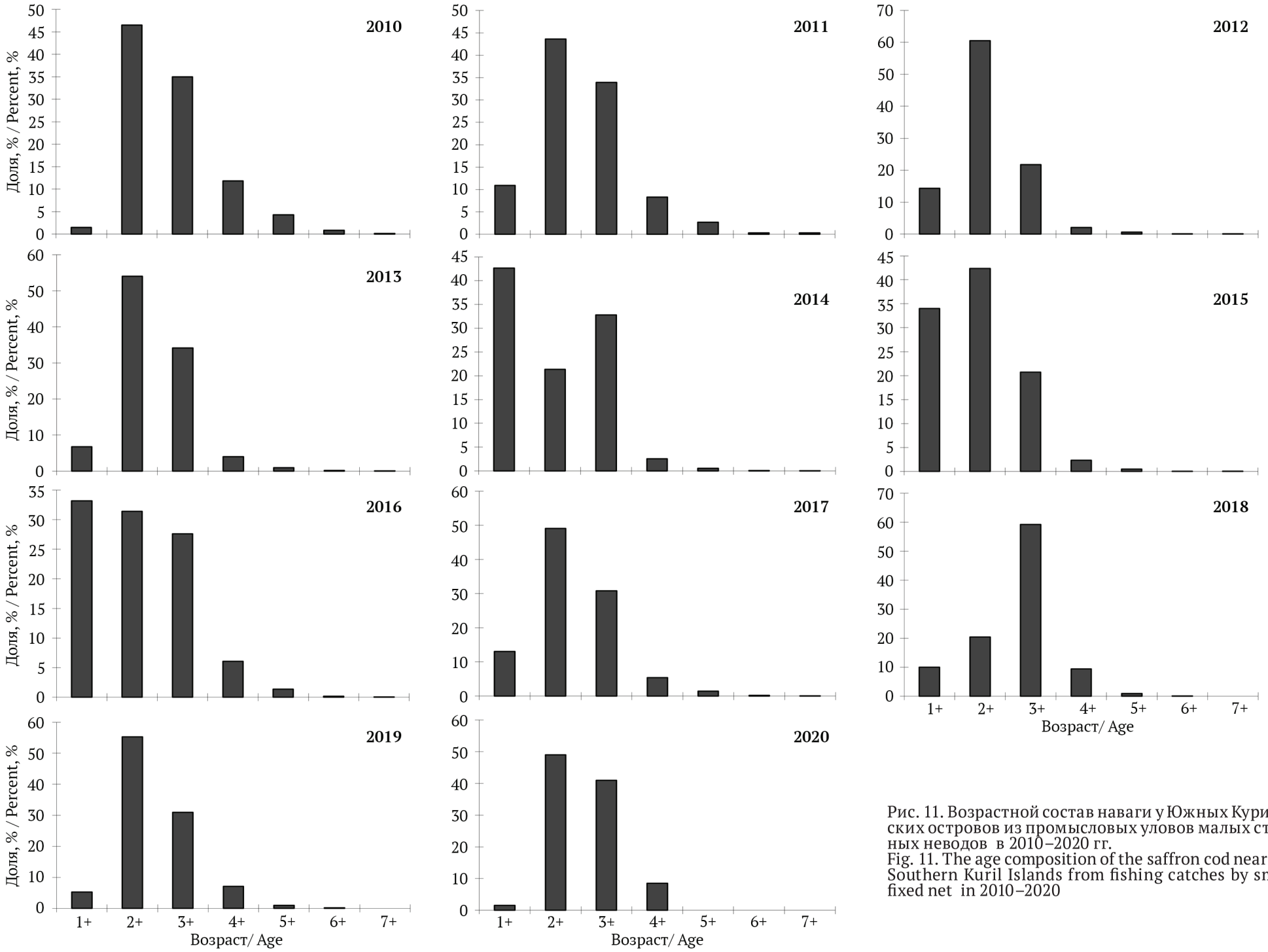


Рис. 11. Возрастной состав наваги у Южных Курильских островов из промысловых уловов малых ставных неводов в 2010–2020 гг.
Fig. 11. The age composition of the saffron cod near the Southern Kuril Islands from fishing catches by small fixed net in 2010–2020

(Сафронов, 1985, 1986; Ким, Бирюков, 2009).

В уловах же научных донных тралов, обеспеченных мелкоячейной вставкой, нагульная навага представлена разновозрастными половозрелыми и неполовозрелыми (сеголетки и годовики) особями длиной от 7–10 до 40–44 см (рис. 12). При этом доля сеголетков и годовиков непромысловой длины 20 см и менее в зависимости от глубины и площади обследованной акватории, периода работ может достигать в скоплениях 80–85% по численности и до 10% по биомассе. В частности, выявлено, что в июле–октябре сеголетки длиной до 10 см концентрируются в основном на глубинах до 50 м при температуре воды 12–18 °С. Рыбы длиной более 35–45 см, что соответствует возрасту четыре года и старше, встречаются на всех глубинах, но наиболее характерны для глубины более 100 м с температурой воды менее 12 °С (рис. 13). Наибольшей миграционной активностью характеризуются двухтрехгодовики длиной 25–35 см, встречающиеся в траловых уловах до 150 м, в единичных случаях до 200 м при температуре воды от 2 °С до 17 °С.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практически повсеместное распределение наваги у о. Кунашир, Малой Курильской гряды и тихоокеанского побережья о. Итуруп на глубинах до 200–300 м, хорошо прослеживаемое по данным промысла и донных траловых съемок, позволяет использовать этот ресурс в прибрежной мелководной зоне и на бóльших глубинах в течение всего года. У Южных Курильских островов максимальные уловы наваги за период наблюдений с середины прошлого века достигали 12 тыс. т в 1970-е гг., в последние два десятилетия не превышают 2,5 тыс. т.

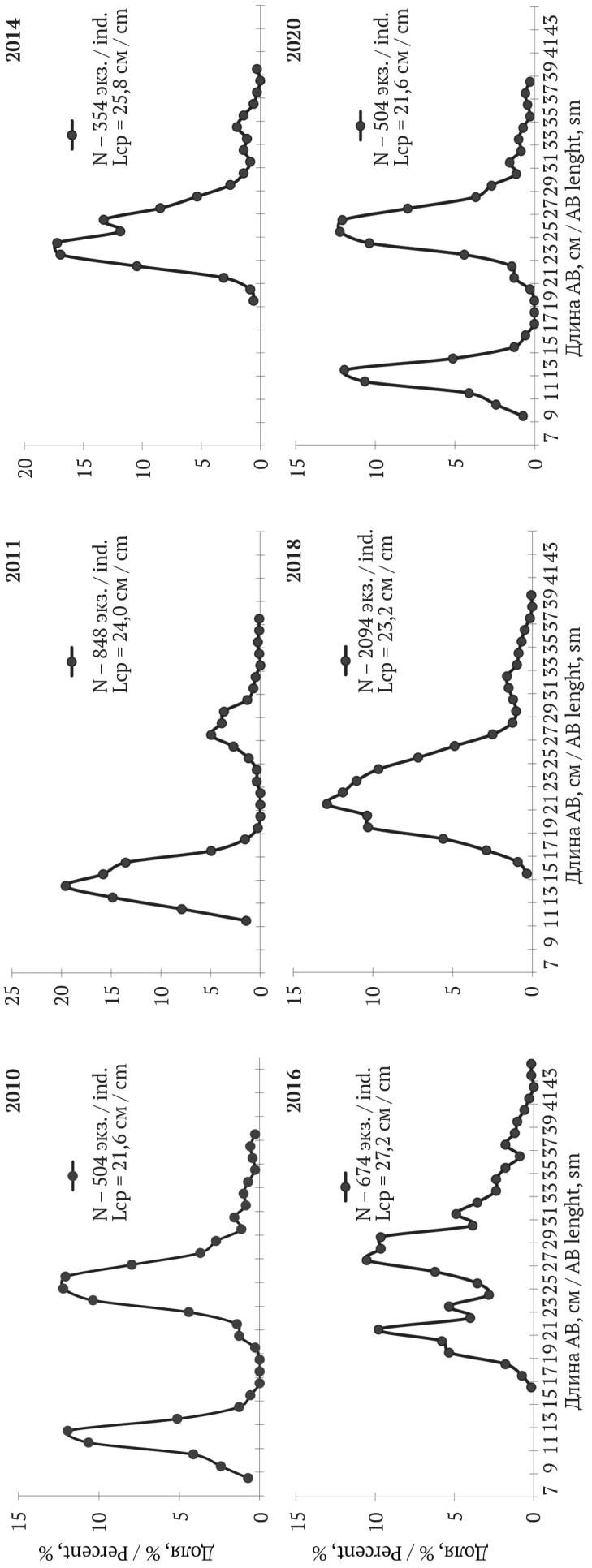


Рис. 12. Размерный состав наваги у Южных Курильских островов из уловов научных донных тралов
Fig. 12. The size composition of the saffron cod near the Southern Kuril Islands from catches by scientific bottom trawls

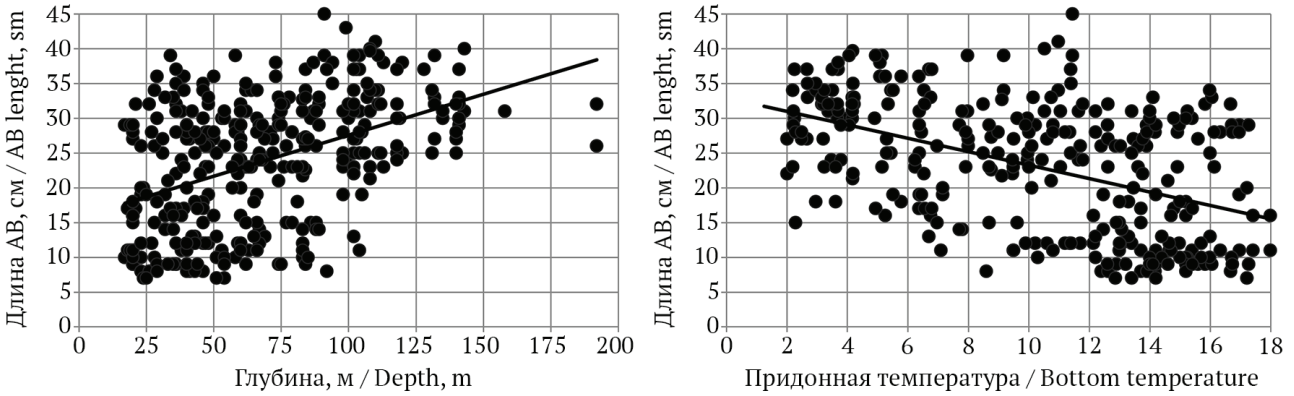


Рис. 13. Размер наваги в зависимости от глубины и придонной температуры воды по данным донных траловых съемок
Fig. 13. The size of saffron cod depending on the depth and bottom water temperature according to bottom trawl surveys

Специализированный промысел наваги в акватории Южных Курильских островов рыбодобывающие предприятия не осуществляют. Навага круглогодично отмечается в уловах при многовидовом промысле рыб. В основном же облавливается нагульная навага в мае–июне (35% годового изъятия) в ходе промысла комплекса рыб малыми ставными неводами у побережья о. Кунашир и преднерестовая/нерестовая — в декабре (25%) при судовом промысле донных и придонных видов рыб в Южно-Курильском проливе и у островов Малой Курильской гряды. Наименьшие в году уловы приходятся на летние месяцы, когда навага рассредоточивается на южнокурильском мелководье и прилегающей акватории, не образуя значительных скоплений. Лидирующее положение по величине вылова, суммарно почти 90%, принадлежит малым ставным неводам и снюрреводам, осуществляющим лов на глубинах преимущественного распределения наваги не более 50–150 м.

В промысловых уловах снюрреводов и ставных неводов отмечается навага длиной до 45–47 см, в научных тралах — до 40–44 см. Основу промысловых уловов в зимние месяцы и в мае–июне, как правило, формируют половозрелые рыбы длиной более 25 см. Тогда как в уловах научных донных тралов летом и осенью доминируют неполовозрелые особи длиной до 20 см, широко представленные в это время года на южнокурильском мелководье.

Навага, обитающая у Южных Курил, становится все более востребованным объектом судового и прибрежного промысла, однако, несмотря на возрастающие в последние годы уловы, доля изъятия редко превышает половину предлагаемых к вылову объемов, навага остается малоиспользуемым ресурсом. Предлагаемые величины общего допустимого улова позволяют вести стабильный промысел и увеличить объемы изъятия наваги в полтора–два раза.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Атлас количественного распределения нектона в Охотском море: Карты. 2003. М.: Нац. рыб. ресурсы. 1040 с.

Бобков А.А. 1995. Течение Соя и его влияние на распределение и миграцию морских организмов в Южно-Курильском районе: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Санкт-Петербург: СПбГУ. 17 с.

Ким Сен Ток, Бирюков И.А. 2009. Некоторые черты биологии и промысловые ресурсы донных и придонных видов рыб в шельфовых водах Южных Курильских островов в 1987–2006 гг. Южно-Сахалинск: СахНИРО. 124 с.

Новикова О.В. 2014. Обзор промысла тихоокеанской наваги *Eleginus gracilis* (Til.) в дальневосточных морях // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 33. С. 38–48.

Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: Пищ. пром-сть. 376 с.

Промысел биоресурсов в водах Курильской гряды: современная структура, динамика и основные элементы. 2013 / А.В. Буслов, И.А. Бирюков, П.М. Василец и др. Южно-Сахалинск: СахНИРО. 264 с.

Сафронов С.Н. 1980. Рыбохозяйственное использование шельфа Южных Курильских островов // Распред. и рац. использ. водн. зооресурсов Сахалина и Курильских о-вов. Сб. науч. тр. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 82–87.

Сафронов С.Н. 1985. Особенности распределения и численность курило-хоккайдской наваги

Eleginus gracilis Tilesius (Gadidae) // Изв. ТИНРО. Т. 110. С. 64–69.
Сафронов С.Н. 1986. Экология дальневосточной наваги *Eleginus gracilis* Tilesius (Gadidae) шельфа Сахалина и Южных Курильских осровов: Автореф. дис. … канд. биол. наук. Институт биологии моря ДВНЦ АН СССР. Владивосток. 26 с.
Сафронов С.Н. 1986а. Особенности размножения и закономерности изменения плодовитости дальневосточной наваги *Eleginus gracilis* Tilesius (Gadidae) // Вопр. ихтиологии. Т. 26, № 4. С. 630–638.
Тарасюк С.Н., Бирюков И.А., Пузанков К.Л. 2000. Методические аспекты оценки сырьевых ресурсов донных рыб шельфа и свала Северных Курильских островов / Промыслово-биологические исследован. рыб в тихоокеанск. водах Курильских островов и прилежащих районах Охотского и Берингова морей в 1992–1998 гг. С. 46–54.
Чернявский Г.И. 1958. Заметки о развитии рыбной промышленности Сахалина и Курил. Южно-Сахалинск: Советский Сахалин. 181 с.
Шевченко Г.В., Частиков В.Н. 2010. Особенности гидрологического режима в Южно-Курильском проливе в холодный период года // Ресурсы колючего краба, перспективы использования и условия обитания в Охотском море: Тр. СахНИРО. Т. 11. С. 100–117.
Chan A.L., Yoshida H., Sakurai Y. 2005. Maturation, reproductive cycle, and characteristics of spawning season of saffron cod, *Eleginus gracilis* (Tilesius) in waters of Hokkaido, Japan. Scientific Reports of Hokkaido Fisheries Experimental Station (Japan). 68, 45–64.
Chen A-L., Sakurai Y. 1993. Age and growth of saffron cod (*Eleginus gracilis*) // Scientific Reports of Hokkaido Fisheries Experimental Station. 42. P. 252–264.
Vasilets P.M. 2015. FMS analyst – computer program for processing data from Russian Fishery Monitoring System. Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography. DOI:10.13140/RG.2.1.5186.0962

REFERENCES

Atlas kolichestvennogo raspredeleniya nektona v Okhotskom more: Karty [Atlas of quantitative distribution of nekton in the Sea of Okhotsk: Maps]. Moscow: Nats. ryb. resursy, 2003, 1040 p.
Bobkov A.A. *Techeniye Soya i yego vliyaniye na raspredeleniye i migratsiyu morskikh organizmov v Yuzhno-Kurilskom rayone: Avtoref. dis. kand. geogr. nauk* [Flow Soya and its influence on the distribution and migration of marine organisms in the South Kuril region. Abstract of the thesis Dis. cand. geogr. sciences]. St. Petersburg: St. Petersburg State University, 1995, 17 p.
Kim Sen Tok, Biryukov I.A. *Nekotoryye cherty biologii i promyslovyye resursy donnykh i pridonnykh vidov ryb v shelfovykh vodakh Yuzhnykh Kurilskikh ostrovov v 1987–2006 gg.* [Some features of biology and commercial resources of bottom and bottom fish species in the shelf waters of the South Kuril Islands in 1987–2006]. Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO, 2009, 124 p.
Novikova O.V. Review of Saffron Cod *Eleginus Gracilis* (Til.) fishery in the Far Eastern Seas. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean*, 2014, issue 33, pp. 38–48. (In Russian)
Pravdin I.F. *Rukovodstvo po izucheniyu ryb* [The guidance to the study of fish]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost, 1966, 376 p.
Buslov A.V. (ed.) *Promysel bioresursov v vodakh Kurilskoy gryady: sovremennaya struktura, dinamika i osnovnyye element* [Fishing for bioresources in the waters of the Kuril chain: modern structure, dynamics and main elements]. Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO, 2013, 264 p.
Safronov S.N. Fishery use of the shelf of the South Kuril Islands. *Raspred. i rats. ispol'z. vodn. zooresursov Sakhalina i Kuril'skikh o-vov*. Sb. nauch. tr. Vladivostok: DVNTS AN SSSR, 1980, pp. 82–87.
Safronov S.N. Features of the distribution and abundance of the Kuril-Hokkaid saffron cod *Eleginus gracilis* Tilesius (Gadidae). Izvestiya TINRO, 1985, vol. 110, pp. 64–69. (In Russian)
Safronov S.N. *Ekologiya dalnevostochnoy navagi Eleginus gracilis Tilesius (Gadidae) shelfa Sakhalina i Yuzhnykh Kuril'skikh osrovov: Avtoref. dis. … kand. biol. nauk* [Ecology of the Far Eastern navaga *Eleginus gracilis* Tilesius (Gadidae) of the Sakhalin shelf and the South Kuril Islands: Abstract of the thesis Dis. … cand. biol. sciences]. Institut biologii morya DVNTS AN SSSR. 1986, Vladivostok, 26 p.
Safronov S.N. Peculiarities of reproduction and patterns of changes in fecundity of the Far Eastern navaga *Eleginus gracilis* Tilesius (Gadidae). *Journal of Ichthyology*, vol. 26, no. 4, pp. 630–638.
Tarasyuk S.N., Biryukov I.A., Puzankov K.L. Methodological aspects of assessing the raw material resources of the bottom fish of the shelf and the dump of the Northern Kuril Islands. *Promyslovo-biologicheskiye issledovan. ryb v tikhookeansk. vodakh Kurilskikh ostrovov i prilezhashchikh rayonakh Okhotskogo i Beringova morey v 1992–1998 gg.,* 2000, pp. 46–54.
Chernyavsky G.I. *Zametki o razvitii rybnoy promyshlennosti Sakhalina i Kuril* [Notes on the de-

velopment of the fishing industry in Sakhalin and the Kuriles]. Yuzhno-Sakhalinsk: Soviet Sakhalin, 1958, 181 p.
Shevchenko G.V., Chastikov V.N. Features of the hydrological regime in the South Kuril Strait during the cold season. *Resursy kolyuchego kraba, perspektivy ispol'zovaniya i usloviya obitaniya v Okhotskom more: Tr. SakhNIRO*, 2010, vol. 11, pp. 100–117.
Chan A.L., Yoshida H., Sakurai Y. Maturation, reproductive cycle, and characteristics of spawning season of saffron cod, *Eleginus gracilis* (Tilesius) in waters of Hokkaido, Japan. *Scientific Reports of Hokkaido Fisheries Experimental Station (Japan)*, 68, 2005, 45–64.
Chen A-L., Sakurai Y. Age and growth of saffron cod (*Eleginus gracilis*). *Scientific Reports of Hokkaido Fisheries Experimental Station*, 1993, 42, pp. 252–264.
Vasilets P.M. FMS analyst – computer program for processing data from Russian Fishery Monitoring System. Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography. 2015, DOI:10.13140/RG.2.1.5186.0962

Информация об авторах
Э.Р. Ившина — канд. биол. наук, вед. н. с. (СахНИРО)
А.В. Метленков — зав. сектором (СахНИРО)
Information about the authors
Elsa R. Ivshina – Ph. D. (Biology), Leading Scientist (SakhNIRO)
Aleksey V. Metlenkov – Head of Division (SakhNIRO)

Статья поступила в редакцию: 21.04.2022
Одобрена после рецензирования: 11.05.2022
Статья принята к публикации: 27.09.2022

Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2022. Вып. 65. С. 42–51.
The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean. 2022. Vol. 65. P. 42–51.
ISSN 2072-8212 (print), ISSN 2782-6236 (online)

Научная статья / Original article
УДК 597.552.511(639.2.053)
doi:10.15853/2072-8212.2022.65.42-51



РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КЛИМАТО-ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕДИКТОРОВ ДЛЯ МОДЕЛИ СЛУЧАЙНОГО ЛЕСА (RANDOM FOREST) В ЦЕЛЯХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ПОДХОДОВ ГОРБУШИ ЗАПАДНОЙ КАМЧАТКИ

Фельдман Марк Геннадиевич, Бугаев Александр Викторович, Тепнин Олег Борисович

Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), Петропавловск-Камчатский, Россия, feldman.m.g@kamniro.ru, bugaev.a.v@kamniro.ru, tenpin.o.b@kamniro.ru

Аннотация. Совершенствование прогнозирования подходов горбуши является одной из наиболее актуальных проблем управления лососевыми запасами Камчатки. Перспективным методом прогнозирования представляется алгоритм случайного леса деревьев решений (Random Forest) с использованием итеративного отбора наиболее значимых климато-океанологических предикторов. Определены три достоверно влияющих предиктора для модели случайного леса. Ошибка прогноза при этом составила 28%. Для верификации полученных результатов использованы альтернативные методы отбора наилучших признаков. Полученные результаты показали возможность использования исследуемых климато-океанологических предикторов для моделирования прогнозов динамики численности горбуши Западной Камчатки.

Ключевые слова: горбуша Западной Камчатки, динамика численности подходов, прогнозирование, классификация, моделирование, случайный лес, дерево решений

Для цитирования: Фельдман М.Г., Бугаев А.В., Тепнин О.Б. Результаты использования климато-океанологических предикторов для модели случайного леса (Random Forest) в целях прогнозирования динамики численности подходов горбуши Западной Камчатки // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2022. № 65. С. 42–51Х.

RESULTS OF USING CLIMATE-OCEANOLOGICAL PREDICTORS IN A RANDOM FOREST MODEL FOR THE FORECAST OF STOCK ABUNDANCE DYNAMICS OF PINK SALMON RUNS IN WESTERN KAMCHATKA

Mark G. Feldman, Alexandr V. Bugaev, Oleg B. Tepnin

Kamchatka Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, feldman.m.g@kamniro.ru, bugaev.a.v@kamniro.ru, tenpin.o.b@kamniro.ru

Abstract. An improvement of the forecast of pink salmon runs is one of the most actual problems in management of salmon stocks of Kamchatka. Algorhythm of Random Forest with the use of iterative selection of most important climate-oceanological predictors seem to be promising. Three authenticly influental predictors have been found for the model of Random Forest at the error of the forecast of 28%. Verification of the obtained results used alternative methods of selection of the best predictors. Obtained results have demonstrated possibility of the use of considered climate-oceanological predictors in modeling the forecasts of stock abundance dynamics of pink salmon in Western Kamchatka.

Keywords: pink salmon of Western Kamchatka, stock abundance dynamics of runs, forcasting, classification, modeling, random forest

***For citation*:** Feldman M.G., Bugaev A.V., Tepnin O.B. Results of using climate-oceanological predictors in a Random Forest model for the forecast of stock abundance dynamics of pink salmon runs in Western Kamchatka // The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean. 2022. Vol. 65. P. 42–51. (In Russian)

На Камчатке воспроизводится крупнейший по численности запас горбуши в бассейне Северной Пацифики. В начале XXI в. (2001–2021 гг.) в регионе в среднем добывали около 132 тыс. т, что составляло приблизительно 53% от общей среднемноголетней добычи вида на Дальнем Востоке России (~ 247 тыс. т). При этом в последнее десятилетие (2012–2021 гг.) уровень вылова горбуши Камчатки достиг в среднем 186 тыс. т, что составило более 67% от дальневосточного показателя среднемноголетнего вылова.

Западное побережье Камчатки является одним из основных центров воспроизводства

© Фельдман М.Г., Бугаев А.В., Тепнин О.Б., 2022

камчатской горбуши. В XXI в. в урожайные годы (четная линия лет воспроизводства) здесь в среднем ежегодно добывали около 106 тыс. т вида. На восточном побережье Камчатки в урожайные годы (нечетная линия лет воспроизводства) добывали около 119 тыс. т. Это составляет приблизительно 47% и 53% соответственно. Таким образом, западное побережье продуцирует порядка 50% от общего запаса высокоурожайных поколений горбуши Камчатки. Следовательно, прогнозирование динамики численности запасов горбуши Западной Камчатки является важнейшей практической задачей для всего Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна.

В настоящее время прогнозы численности горбуши Камчатки строятся на различных методах математического моделирования, а также данных учетных траловых съемок, ежегодно проводимых во время осенней откочевки молоди в бассейнах Охотского и Берингова морей (Фельдман, Шевляков, 2015; Фельдман, 2020; Фельдман, Бугаев, 2021). В Охотском море информация о численности молоди горбуши дополняется данными результатов генетической идентификации о региональном происхождении рыб в смешанных выборках. Это необходимо для вычисления доли горбуши, имеющей западно-камчатское происхождение. Соответственно, оставшаяся доля молоди в основном будет представлять южноохотоморские центры воспроизводства вида: Сахалин, Южные Курильские о-ва и бассейн р. Амур. Наличие фактора смешивания молоди различного регионального происхождения в бассейне Охотского моря значительно усложняет прогнозирование динамики запасов горбуши Западной Камчатки с преимущественным использованием только данных учетных траловых съемок.

Поэтому для западнокамчатской горбуши методы математического моделирования прогнозов численности могут иметь определяющее значение. Моделирование процессов динамики запасов имеет многофакторный характер, включающий, помимо исходных данных о численности объекта, набор предикторов, отражающих влияние среды на онтогенез и конечные продукционные показатели рыб. В связи с этим для создания прогностических моделей актуален поиск наиболее значимых климато-океанологических факторов (предикторов), так как основной рост и формирование численности горбуши происходят во время морского/океанического нагула. Отбор статистически значимых предикторов возможен с помощью использования модели случайного леса деревьев решений (Random Forest). В настоящее время данный метод многомерного моделирования прогнозов динамики численности горбуши показал высокий уровень результативности для запаса вида, воспроизводящегося в реках Северо-Восточной Камчатки (Фельдман, 2020).

Целью работы является оценка значимости климато-океанологических предикторов для моделирования прогнозов динамики численности горбуши Западной Камчатки.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В качестве материала использованы данные о численности родителей (численность производителей на нерестилищах (нерестовый запас)) и потомков (численность возвратов (подходов) производителей) горбуши Западной Камчатки по наблюдениям в 1982–2019 гг. Сбор первичной информации выполнен сотрудниками Северо-Восточного территориального управления Росрыболовства (промысловая статистика) и КамчатНИРО (данные о заполнении нерестилищ и оценки численности подходов).

Методической основой работы послужил классификационный анализ, выполненный с помощью метода Random Forest (случайный лес деревьев решений) (Breiman, 2001). Зависимые переменные обозначены тремя уровнями стратифицированной модели типа «запас–пополнение» (рис. 1), ранее разработанной для горбуши западного побережья Камчатки (Фельдман и др., 2019).

В ходе анализа временных рядов некоторая часть наблюдений была исключена из анализа, так как из-за относительно низкой численности родителей и потомков данные переменные статистически недостоверны. К ним относятся наблюдения нечетной генеративной линии горбуши Западной Камчатки 90-х гг. XX в. (1993, 1995 и 1999 гг.). В XXI в. исключены наблюдения 2009, 2011 и 2013 гг. Таким образом, всего было определено 6 лет наблюдений, которые интерпретированы как «точки выброса». Следовательно, набор использованных в работе данных составил 32-летний период. Общий временной ряд наблюдений был разделен на три уровня, характеризующих эффективность воспроизводства:

1-й уровень (high) включает 9 лет наблюдений;

2-й уровень (medium) включает 11 лет наблюдений;

3-й уровень (low) включает 12 лет наблюдений (табл. 1).

В качестве предикторов для модели случайного леса были выбраны климатические индексы, которые отражают воздействие изменчивости метеорологических и океанологических условий на воспроизводство и последующее формирование численности горбуши Западной Камчатки во время морского/океанического нагула:

PDO — индекс Тихоокеанской декадной осцилляции (Mantua et al., 1997; Mantua, Hare, 2002). Данные взяты с сайта Национального управления океанических и атмосферных исследований (NOAA, США) (https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/pdo);

WP — Западно-Тихоокеанский индекс циклонической активности (Linkin, Nigam, 2008). Данные взяты с сайта NOAA (https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc/wp.shtml);

AO — индекс Арктической осцилляции (Thompson, Wallace, 1998). Данные взяты с сайта NOAA (https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/ao.shtml);

aSST — аномалия температуры морской поверхности. Данные получены из акваторий морского нагула горбуши Западной Камчатки на раннем и заключительном этапах морского периода жизни в восточной части Охотского моря. Ранее было показано, что показатели aSST являются климатическими индикаторами, отражающими влияние температурного режима вод на формирование численности тихоокеанских лососей как непосредственно Камчатки, так и в целом Дальнего Востока России (Бугаев, Тепнин, 2015; Бугаев и др., 2018, 2021).

В настоящей работе переменные aSST ориентированы исключительно на горбушу Западной Камчатки, поэтому здесь задействованы среднемесячные показатели из следующих районов:

а) квадрат 22 (средние координаты: 52°50′ с. ш. 155°00′ в. д.) — расположен у юго-западного побережья Камчатки, в соответствии с разбивкой районов, представленной в работе А.В. Бугаева с соавторами (2018), для бассейна Северной Пацифики (рис. 2). Для обозначения переменных из этого района используется аббревиатура SEA;

б) прибрежная зона Западной Камчатки: район, ограниченный координатами 51°00′–58°00′ с. ш. и 153°00′–157°00′ в. д. Для обозначения переменных из этого района используется аббревиатура COAST.

В работе для детализации переменных принято трехзначное обозначение предикторов. Первые три буквы соответствуют названию месяца (на английском языке). Далее следует цифра, обозначающая основные этапы жизненного цикла горбуши (1 — год нереста, 2 — год ската). В конце — обозначение используемого в работе климатического фактора: PDO, AO, WP, SEA, COAST.

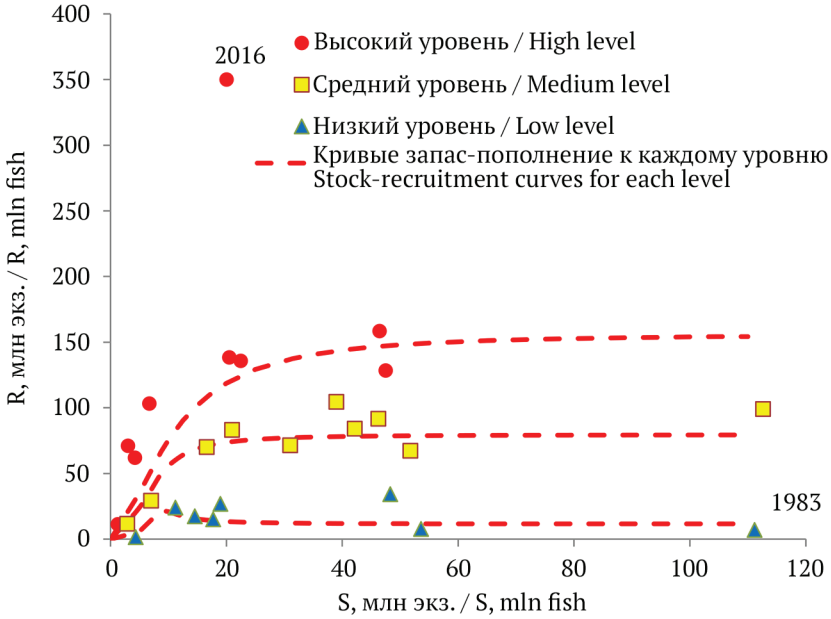


Рис. 1. Стратифицированная модель «запас–пополнение» для горбуши Западной Камчатки по данным 1982–2019 гг.: S — нерестовый запас, R — возврат (подход)
Fig. 1. Stratified model “stock–recruitment” for pink salmon of Western Kamchatka on the data for 1982–2019: S – spawning stock, R – return (run)

Таблица 1. Информация о численности родителей и потомков горбуши Западной Камчатки и уровнях эффективности воспроизводства, определенных с помощью стратифицированной модели «запас–пополнение» по данным 1982–2019 гг.
Table 1. Data on the abundance of parents and progenies of pink salmon in Western Kamchatka and levels of reproduction efficiency, found with the use of stratified model "stock-recruitment" on the data for 1982–2019

Год Year	Численность, млн экз. / Abundance, mln fish		Уровень Level
	Родители (нерестовый запас) Parents (spawning stock)	Потомки (возврат) Progeny (return)	
1982	16,57	62,46	medium
1983	111,16	7,01	low
1984	48,27	34,21	low
1985	4,34	1,57	low
1986	18,96	26,83	low
1987	1,29	1,30	medium
1988	14,12	30,39	low
1989	1,04	2,53	high
1990	14,53	17,49	low
1991	1,42	0,61	low
1992	6,68	103,24	high
1993	0,48	0,57	–
1994	81,09	80,41	medium
1995	0,50	0,87	–
1996	47,49	128,39	high
1997	0,68	0,08	low
1998	42,12	84,08	medium
1999	0,04	1,37	–
2000	20,96	83,31	medium
2001	1,22	11,43	high
2002	46,20	91,79	medium
2003	11,19	23,98	low
2004	51,74	67,39	medium
2005	17,71	15,19	low
2006	31,00	71,49	medium
2007	3,64	4,25	low
2008	38,95	104,52	medium
2009	0,12	5,05	–
2010	46,43	158,55	high
2011	0,83	1,57	–
2012	33,56	8,31	low
2013	0,21	4,60	–
2014	3,49	71,20	high
2015	2,85	11,76	medium
2016	20,00	350,00	high
2017	4,20	68,00	high
2018	112,60	99,18	medium
2019	15,00	229	high

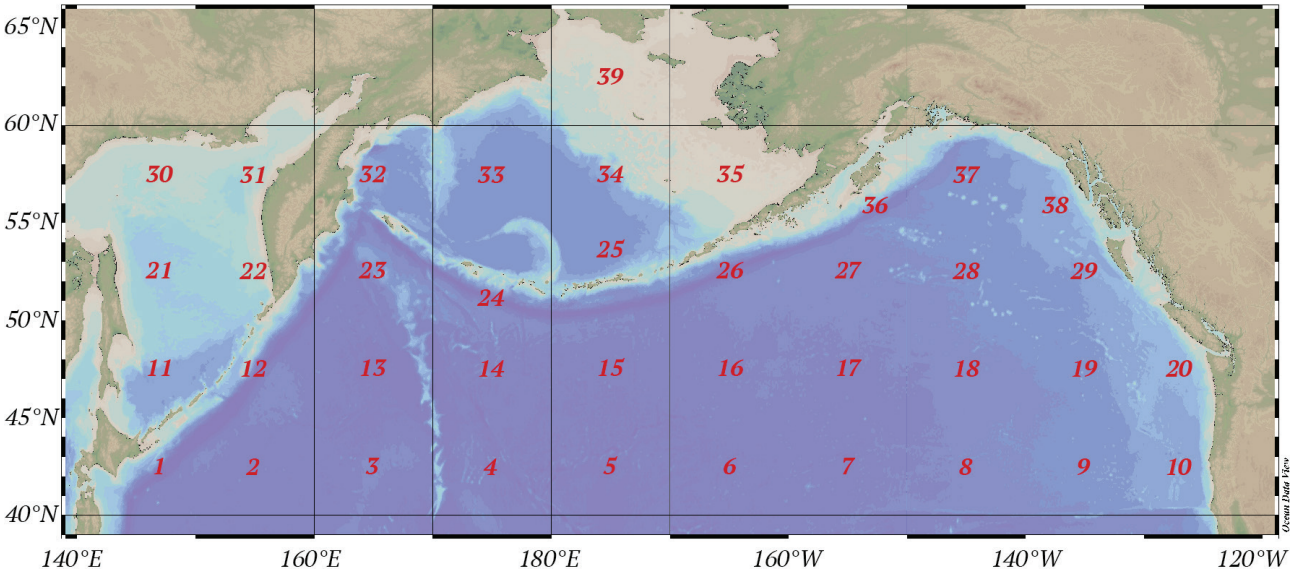


Рис. 2. Карта-схема бассейна Северной Пацифики и районов, для которых рассчитывались среднемесячные значения аномалий температуры поверхностного слоя вод (aSST). Цифрами обозначены картографические трапеции (5×10°), являющиеся зонами расчета параметра (Бугаев и др., 2018)
Fig. 2. Schematic map of the North Pacific Ocean and districts for which monthly averages of the abnormal sea surface temperatures (aSST) were calculated. The numbers indicate cartographic trapezoids (5×10°), which are the areas to calculate the parameter (Бугаев et al., 2018)

Методика отбора значимых предикторов совпадает с использованным ранее итеративным методом исключения незначимых признаков для горбуши Северо-Восточной Камчатки, реализованным в среде *R* (Фельдман, 2020). В качестве сторонних методов для верификации полученного результата использован метод Борута (Boruta) (Kursa, Rudnicki, 2010; Kursa, 2020) с одноименным пакетом в среде *R*, а также пакет Random Forest Explainer (https://cran.rstudio.com/web/packages/randomForestExplainer/vignettes/randomForestExplainer.html).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первым этапом была проведена оценка значимости климатических предикторов по воздействию на изменчивость численности возвратов (подходов) горбуши Западной Камчатки с учетом двухгодичной периодичности жизненного цикла вида. В ходе итеративного исключения малозначимых признаков (рис. 3), наилучший средний из 1000 вариантов случайного леса результат был достигнут на 47-й итерации с двумя используемыми признаками на итерации.

Средняя доля ошибок вне выборки (OOB) на 47-й итерации составила 28%, с размахом от 22% до 44%. Распределение ошибки не вполне отвечает законам нормальности распределения переменных и смещено в меньшую сторону (рис. 4). Большинство вариантов случайного леса (567) имеет среднюю ошибку OOB в 28%.

По встречаемости признаков в совокупности 1000 моделей к наиболее важным предикторам можно отнести три. На первом месте по важности в моделях случайного леса в подавляющем большинстве случаев (99,3%) находится показатель aSST в квадрате 22 в июне, который относится к году нереста поколения (обозначен как Jun1SEA). Данный период совпадает со сроками преднерестовых миграций горбуши в прибрежных водах Охотского моря непосредственно перед заходом родительских стад в нерестовые реки (табл. 2). Возможно, что условия нагула в этот период являются ключевыми для закладки физиологических параметров производителей для дальнейшего эффективного нереста.

Следует отметить, что модель случайного леса не зафиксировала наличия значимых связей в отношении зависимости возвратов поко-

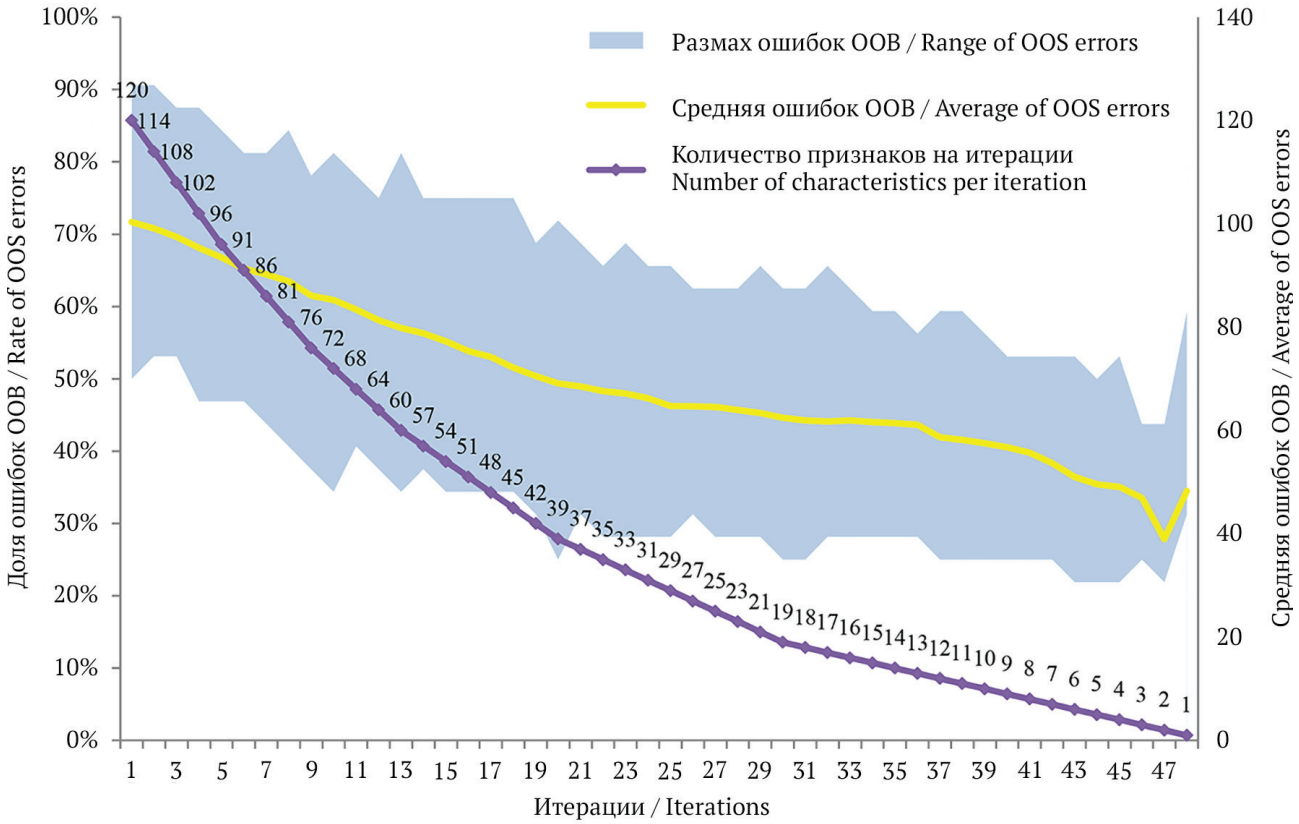


Рис. 3. Динамика изменения средней доли ошибок вне выборок (OOB) и их размаха для 1000 вариантов случайного леса по мере исключения наименее значимых предикторов на каждой итерации
Fig. 3. Dynamics of the mean out-of-sample (OOS) error rate changes and ranges for 1000 random forest decisions in the course of exclusion of the least significant predictors at every iteration

лений горбуши от изменчивости aSST в зонах осеннего нагула молоди стад Западной Камчатки в бассейне Охотского моря. Подобные взаимосвязи ранее были зафиксированы с применением прямой корреляционной зависимости (Бугаев и др., 2018, 2021). Однако уточним, что их характер также был относительно слабо выражен. Вероятно, использование классификационных методов требует привлечения комплекса дополнительных данных о состоянии термического режима вод и других природных условий в зонах осеннего нагула молоди горбуши Западной Камчатки.

Второе и третье места достаточно близко по значимости разделяют предикторы, характеризующие метеорологические и океанологические условия морского/океанического нагула горбуши: Западно-Тихоокеанский индекс циклонической активности в январе (Jan1WP — поколение нереста) и индекс Арктической осцилляции в феврале (Feb2AO — поколение ската). В первом случае потенциальное воздействие на условия нереста родительского поколения могут оказывать климатические условия в зимний период. Во втором случае — влияние

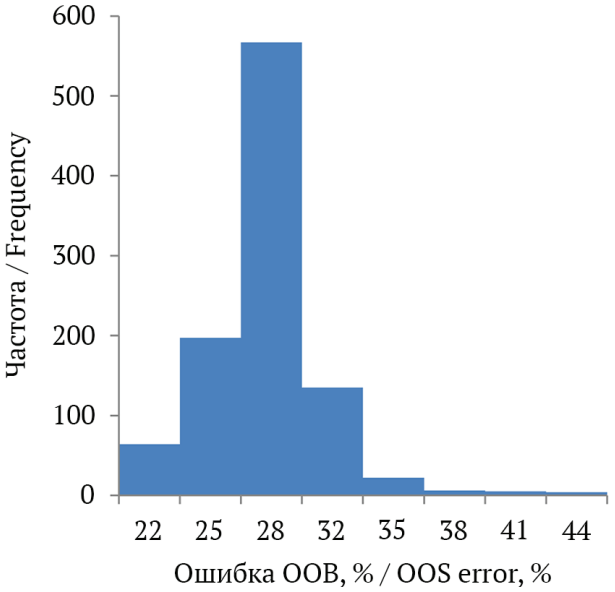


Рис. 4. Распределение средней ошибки OOB по 1000 вариантов случайного леса
Fig. 4. Distribution of the mean OOS error over 1000 random forest decisions

климатических условий перед выклевом мальков горбуши из нерестовых бугров.

К сожалению, предиктор aSST в прибрежной зоне Западной Камчатки во время ската молоди горбуши (обозначенный как Apr2COAST) оказался малозначимым на уровне статистической ошибки. Вероятно, данный показатель имеет слишком динамичную природу, так как связан с активными приливно-отливными течениями в прибрежной зоне. Это не позволяет адекватно определить временной диапазон подбора первичных переменных aSST для получения точной индикаторной информации. Поэтому требуется дальнейшая отработка методики по применению данного предиктора в целях прогнозирования динамики запасов горбуши Западной Камчатки.

Для верификации полученных результатов использовали альтернативные методы отбора наилучших признаков. Первым из таких был метод Борута в одноименном пакете для языка *R*. В данном случае также выделены три подтвержденных значимых предиктора: Jun1SEA, Feb2AO и Jan1WP (рис. 5). Два признака (Apr2COAST, Jul1AO), так называемые чувствительные, почти совпадают с верхней границей для отвергнутых признаков (ShadowMax).

В статье описывается *R*-пакет Борута, который позволяет реализовать новый алгоритм выбора функций с поиском всех соответствующих переменных. Алгоритм разработан в качестве оболочки для алгоритма классификации случайных лесов. Он итеративно удаляет функции статистических тестов, которые менее актуальны для случайных проб. Пакет Борута предоставляет удобный интерфейс для алгоритма.

Следующим из альтернативных методов был применен пакет Random Forest Explainer, который с помощью сравнения различных метрик значимости признаков дает несколько иные результаты. По таким показателям важности признаков, как среднее уменьшение точности прогноза при исключении данной переменной (ось *x*), среднее уменьшение неопределенности Джини (мера однородности узлов и

Таблица 2. Важность признаков в 1000 моделей случайного леса на 47-й итерации с двумя признаками
Table 2. Importance of the predictors in 1000 random forest decisions at the 47th iteration with two characteristics

Признак / Predictor	1 место / 1st position	2 место / 2nd position
Jun1SEA	993	7
Jan1WP	7	542
Feb2AO	0	436
Apr2COAST	0	13
Apr2AO	0	1
Jul1AO	0	1

листьев — ось *y*) и средней минимальной глубины признака в дереве (чем выше признак, тем он более значим, обозначено размером маркеров), абсолютными лидерами являются два признака: Jun1SEA и Feb2AO (рис. 6). Предиктор Jan1WP хоть и входит в пятерку наиболее значимых признаков, но не является определяющим. И если в предыдущих методах Jan1WP и Feb2AO разделяли второе и третье места, то в данном анализе признак Jan1WP с большим отрывом находится на третьем месте совместно с признаками Apr2WP и Mar2AO, значимость которых предыдущие методы вообще не показали.

Ошибка прогноза по совокупности ансамбля из 1000 моделей случайного леса на 47-й итерации составила 28%, т. е. из 32 наблюдений 9 определены неправильно (табл. 3). Необходимо отметить, что ошибочные прогнозы поколений 1998 и 2008 гг. разделяются почти поровну между высоким и низким уровнями (в первом случае 60 на 40%, во втором 56 на 44%). По сути, в реальности наблюдается средний уровень. Поскольку алгоритм отдает предпочтение уровню с простым

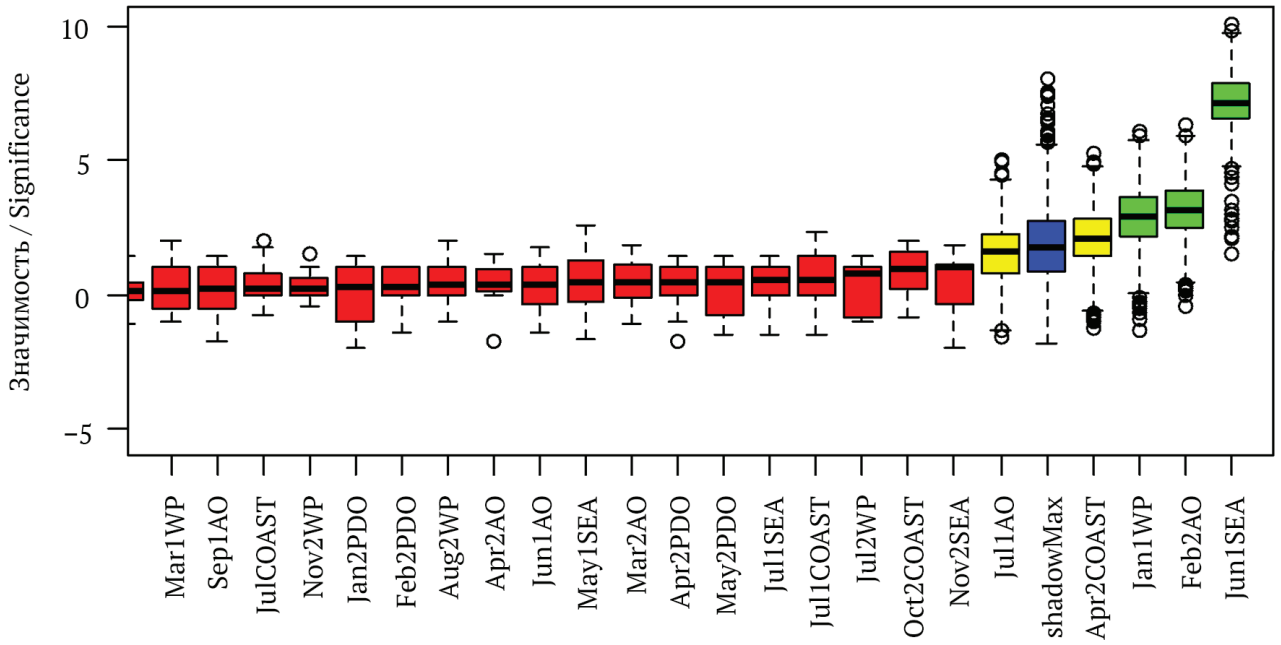


Рис. 5. Анализ значимости признаков с помощью метода Борута: зеленый цвет — подтвержденные признаки, желтый — чувствительные признаки, красный цвет — непотвержденные признаки, круги — верхняя граница теневых, заведомо незначимых искусственных признаков (ShadowMax), бокс — стандартная ошибка, усы — стандартное отклонение, линия — средний показатель
Fig. 5. Analysis of the significance of characteristics using the Borut method: green color – confirmed characteriestics, yellow color – sensitive characteristics, red color – unconfirmed characteristics, circles – the upper limit of shadow, obviously insignificant artificial characteristics (ShadowMax), boxing – standard error, whiskers – standard deviation, line – the average

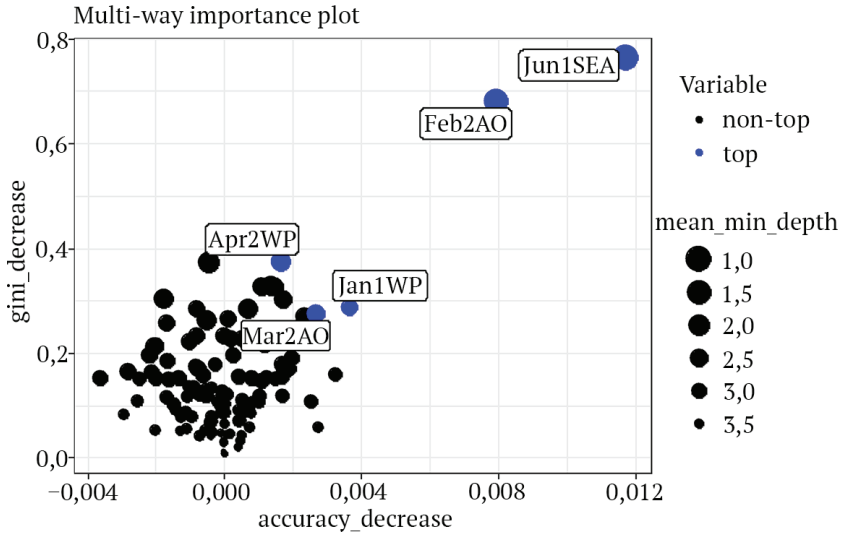


Рис. 6. Многоплановый график значимости признаков (предикторов) по трем метрикам (пояснение в тексте)
Fig. 6. Multidimensional graph of the significance of characteristics (predictors) for three metrics (explanation in the text)

большинством голосов и «не знает», что средний уровень занимает промежуточное положение между низким и высоким, полагаем, что исследователь вправе в таких случаях при прогнозировании принять окончательное решение и выбрать средний уровень. Соответственно, тем самым ошибка прогноза уменьшится примерно до 20%.

С помощью дерева решений или диаграммы рассеивания по трем важнейшим признакам можно давать предварительные прогнозы с заблаговременностью более одного года (рис. 7). Полученное дерево имеет три уровня деления и пять конечных листов, ошибка классификации в этом случае составила 12,5%, в том числе

Таблица 3. Результаты голосования по 1000 вариантов моделей случайного леса на 47-й итерации по данным 1982–2019 гг.
Table 3. Results of voting for over 1000 decisions of the random forest model at the 47th iteration on the data for 1982–2019

Год / Year	Уровень / Level	High, %	Medium, %	Low, %	Прогноз / Forecast
1982	medium	0,0	52,6	47,4	medium
1983	low	0,0	58,7	41,3	medium*
1984	low	0,9	0,0	99,1	low
1985	low	0,0	100,0	0,0	medium*
1986	low	0,1	1,3	98,6	low
1987	medium	0,0	99,9	0,1	medium
1988	low	43,5	0,0	56,5	low
1989	high	43,8	0,0	56,2	low*
1990	low	55,1	0,0	44,9	high*
1991	low	44,4	0,6	55,0	low
1992	high	79,4	3,5	17,1	high
1994	medium	1,5	98,5	0,0	medium
1996	high	44,1	0,5	55,4	low*
1997	low	0,0	0,0	100,0	low
1998	medium	60,8	0,0	39,2	high*
2000	medium	0,0	99,9	0,1	medium
2001	high	75,7	0,0	24,3	high
2002	medium	0,0	100,0	0,0	medium
2003	low	0,0	100,0	0,0	medium*
2004	medium	0,0	36,3	63,7	low*
2005	low	3,3	0,0	96,7	low
2006	medium	0,0	100,0	0,0	medium
2007	low	1,4	0,0	98,6	low
2008	medium	56,4	0,0	43,6	high*
2010	high	98,7	0,0	1,3	high
2012	low	0,1	0,0	99,9	low
2014	high	99,7	0,1	0,2	high
2015	medium	0,0	96,1	3,9	medium
2016	high	99,4	0,4	0,2	high
2017	high	94,8	3,8	1,4	high
2018	medium	0,0	100,0	0,0	medium
2019	high	99,3	0,0	0,7	high

Примечание. * — ошибка прогноза. Note. * – is an error of the forecast.

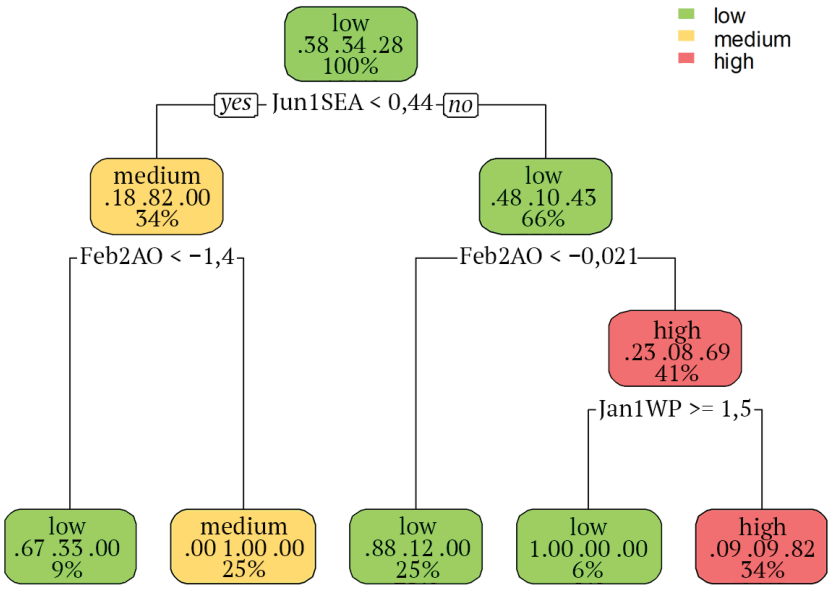


Рис. 7. Классификация данных с помощью дерева решений по трем важнейшим признакам
Fig. 7. Data classification using a decision tree on the three most important predictors

два наблюдения ошибочно отнесены к уровню high и два наблюдения к уровню low.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проделанная работа позволила выявить три значимых климато-океанологических фактора (предиктора), использование которых позволяет строить с помощью метода случайного леса прогностические модели динамики численности запасов горбуши Западной Камчатки с достаточной заблаговременностью. Конечно, данные факторы не являются окончательным решением проблемы. Фактически, построенная модель представляет собой конгломерат из двух фракций простых деревьев решений, каждая из которых основана на двух предикторах. При этом один из них присутствует в обеих фракциях (Jun1SEA), а второй характерен только для одной фракции (Jan1WP и Feb2AO). Тем не менее в голосовании деревьев решений по некоторой части обучающего набора обе фракции дают противоречивые прогнозы.

Тестовая ошибка вне выборки (OOB) наиболее велика в случае прогноза низкочисленных поколений (40%), однако минимальна для прогноза высокочисленных поколений (13%). Для среднего уровня ошибка составляет 32%. Данное обстоятельство обязывает исследователей принимать окончательное прогнозное решение, ориентируясь на дополнительные материалы и индикаторы.

Тем не менее с помощью дерева решений или диаграммы рассеивания по двум обозначенным фракциям предикторов можно давать адекватные прогнозы с примерно годичной заблаговременностью. Результаты данных исследований включены в прогнозы динамики численности запасов горбуши Западной Камчатки на 2023 г.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Бугаев А.В., Тепнин О.Б. 2015. Продуктивность тихоокеанских лососей: влияние термических условий вод в период первой зимы в бассейне Северной Пацифики // Тр. ВНИРО. Т. 158. С. 89–111.

Бугаев А.В., Тепнин О.Б., Радченко В.И. 2018. Климатическая изменчивость и продуктивность тихоокеанских лососей Дальнего Востока России // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 49. С. 5–50.

Бугаев А.В., Фельдман М.Г., Тепнин О.Б., Коваль М.В. 2021. Аномалии температуры поверхности воды в западной части Северной Пацифики — потенциальный климатический предиктор прогнозирования тихоокеанских лососей Камчатки // Вопр. рыболовства. Т. 22. № 4. С. 46–62.

Фельдман М.Г. 2020. Использование метода Random Forest в целях прогнозирования подходов горбуши северо-востока Камчатки // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 59. С. 76–96.

Фельдман М.Г., Бугаев А.В. 2021. Современные принципы управления запасами горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* Камчатского края (динамика численности, прогнозирование, регулирование промысла) // Вопр. рыболовства. Т. 22. № 4. С. 86–95.

Фельдман М.Г., Шевляков Е.А. 2015. Выживаемость камчатской горбуши как результат совокупного воздействия плотностной регуляции и внешних факторов среды // Изв. ТИНРО. Т. 182. С. 88–114.

Фельдман М.Г., Шевляков Е.А., Артюхина Н.Б. 2019. Оценка ориентиров пропуска в реки Западной Камчатки // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 52. С. 50–78.

Breiman L. 2001. Random Forest // Machine learning. Vol. 45 (1). P. 5–32.

Kursa M. 2020. Boruta for those in a hurry. Electronic article. 6 p. (https://cran.r-project.org/web/packages/Boruta/vignettes/inahurry.pdf)

Kursa M., Rudnicki W. 2010. Feature Selection with the Boruta Package // Journal of Statistical Software. Vol. 36 (11). P. 2–12.

Linkin M.E., Nigam S. 2008. The North Pacific Oscillation – West Pacific Teleconnection Pattern: Mature – Phase Structure and Winter Impacts // Journal of Climate. Vol. 21 (9). P. 1979–1997.

Mantua N., Hare S., Zhang Y., Wallace J., Francis R.A. 1997. Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production, Bull. Amer. Meteor. Soc. № 78. P. 1069–1079.

Mantua N.J., Hare S.R. 2002. The Pacific Decadal Oscillation // Journal of Oceanography. Vol. 58. P. 35–44.

Thompson D.W.J., Wallace J.M. 1998. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields // Geophysical Research Letters. № 25. P. 1297–1300.

REFERENCES

Bugaev A.V., Tepnin O.B. Productivity of Pacific salmon: effects of water temperature conditions during first wintering in the North Pacific basin. *Trudy VNIRO*, 2015, vol. 158, pp. 89–111. (In Russian)

Bugaev A.V., Tepnin O.B., Radchenko V.I. Climate variability and Pacific salmon productivity in Russian Far East. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2018, vol. 49, pp. 5–50. (In Russian)

Bugaev A.V., Feldman M.H., Tepnin O.B., Koval M.V. Water surface temperature anomalies in the western North Pacific – potential climatic predictor of Pacific salmon runs in Kamchatka. *Problems of Fisheries*, 2021, vol. 22, № 4, pp. 46–62. (In Russian)

Feldman M.H. Using the decisions of the random forest algorithm for the purposes of forecasting pink salmon runs on North-Eastern Kamchatka. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2020, vol. 59, pp. 76–96. (In Russian)

Feldman M.H., Bugaev A.V. Modern principles of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) stocks management in the Kamchatka Region (population dynamics, forecasting, fishing regulation). *Problems of Fisheries*, 2021, vol. 22, no. 4, pp. 86–95. (In Russian)

Feldman M.G., Shevlyakov E.A. Survival of Kamchatka pink salmon as result of combined influence of density regulation and environmental factors. *Izvestia TINRO*, 2015, vol. 182, pp. 88–114. (In Russian)

Feldman M.G., Shevlyakov E.A., Artukhina N.B. Evaluation of the Pacific salmon spawning escapement parameters for the river basins of West Kamchatka. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2019, vol. 52, pp. 50–78. (In Russian)

Breiman L. Random Forests. *Machine Learning*, 2001, no. 45 (1), pp. 5–32.

Kursa M. Boruta for those in a hurry. Online article, 2020, 6 p. (https://cran.r-project.org/web/packages/Boruta/vignettes/inahurry.pdf)

Kursa M., Rudnicki W. Feature Selection with the Boruta Package. *Journal of Statistical Software*, 2010, vol. 36 (11), pp. 2–12.

Linkin M.E., Nigam S. The North Pacific Oscillation – West Pacific Teleconnection Pattern: Mature – Phase Structure and Winter Impacts. *Journal of Climate*, 2008, vol. 21 (9), pp. 1979–1997.

Mantua N., Hare S., Zhang Y., Wallace J., Francis R.A. Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1997, № 78, pp. 1069–1079.

Mantua N.J., Hare S.R. The Pacific Decadal Oscillation. *Journal of Oceanography*, 2002, vol. 58, pp. 35–44.

Thompson D.W.J., Wallace J.M. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields. *Geophysical Research Letters*, 1998, № 25, pp. 1297–1300.

Информация об авторах

М.Г. Фельдман — канд. биол. наук, вед. н. с. Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)

А.В. Бугаев — док. биол. наук, зам. руководителя Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)

О.Б. Тепнин — зав. сектором Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)

Information about the authors

Mark G. Feldman – Ph. D. (Biology), Leading Researcher (KamchatNIRO)

Alexandr V. Bugaev – Dr. of Science (Biology), Deputy Director (KamchatNIRO)

Oleg B. Tepnin – Head of Division (KamchatNIRO)

Статья поступила в редакцию: 27.06.2022
Одобрена после рецензирования: 21.10.2022
Статья принята к публикации: 23.10.2022

Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2022. Вып. 65. С. 52–65.
The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean. 2022. Vol. 65. P. 52–65.
ISSN 2072-8212 (print), ISSN 2782-6236 (online)

Научная статья / Original article
УДК 597.552.3(292.518)
doi:10.15853/2072-8212.2022.65.52-65



ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЛЮБИТЕЛЬСКОГО РЫБОЛОВСТВА НА ЗАПАСЫ И БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КОРЮШКИ АЗИАТСКОЙ ЗУБАСТОЙ *OSMERUS DENTEX* В ЗИМНЕ-ВЕСЕННИЙ ПЕРИОД В ОЗЕРАХ НЕРПИЧЬЕ И КАЛЫГИРЬ (ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)

Бугаев Александр Викторович✉, Амельченко Юрий Николаевич, Рябчун Вероника Андреевна, Фролов Олег Владимирович

Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), Петропавловск-Камчатский, Россия, bugaev.a.v@kamniro.ru✉

Аннотация. В результате проведенного мониторинга запасов корюшки азиатской зубастой озер Нерпичье и Калыгирь (Восточная Камчатка) в зимний период 2011–2022 гг. получены данные о динамике основных биологических показателей рыб (соотношение полов, возрастной состав, размерно-массовые характеристики) данных популяций. Сбор информации выполняли в режиме подледного любительского рыболовства. Это позволило экспертно оценить объемы ежегодного вылова корюшки рыбаками-любителями в указанных водных объектах. Определено, что существующая общая рыболовная нагрузка на запасы озер Нерпичье и Калыгирь по среднемноголетним данным составляет порядка 300 т, что сопоставимо с промысловым воздействием. Однако результаты мониторинга показали, что у обеих популяций корюшки отсутствуют значимые многолетние изменения биологической структуры. Это указывает на стабильное современное состояние запасов этого вида в озерах Нерпичье и Калыгирь.

Ключевые слова: корюшка азиатская зубастая, любительское рыболовство, подледный лов, состояние запасов, биологический мониторинг

Для цитирования: Бугаев А.В., Амельченко Ю.Н., Рябчун В.А., Фролов О.В. Оценка влияния любительского рыболовства на запасы и биологическое состояние корюшки азиатской зубастой *Osmerus dentex* в зимне-весенний период в озерах Нерпичье и Калыгирь (Восточная Камчатка) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2022. № 65. С. 52–65.

ASSESSMENT OF THE EFFECTS OF AMATEUR FISHING ON THE STOCK AND BIOLOGICAL STATE OF ASIAN TOOTHED SMELT *OSMERUS DENTEX* IN WINTER-SPRING PERIOD IN THE LAKES NERPICHYE AND KALYGIR (EAST KAMCHATKA)

Alexandr V. Bugaev✉, Yury N. Amelchenko, Veronika A. Ryabchun, Oleg V. Frolov

Kamchatka Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, bugaev.a.v@kamniro.ru✉

Abstract. Data on the dynamics of major biological indices (sex ratio, age composition, length and weight) for the populations of toothed smelt in the lakes Nerpichye and Kalygir (East Kamchatka) were obtained as a result of winter monitoring of the stocks for 2011–2022. The data were collected in the mode of amateur (recreational) ice fishing. This approuch allowed making expert assessment of the annual catch of toothed smelt in the lakes by amature fishermen. It has been found, that the actual total catch of smelt in the lakes Nerpichye and Kalygir, believing average annual data, is about 300 t, what is looking like commercial scale. However, results of the monitoring indicate, that biological structure in both popuations of toothed smelt has not demonstrated any substantial longterm changes, what indicates of a stable modern state of the stocks of the species in the lakes Nerpichye and Kalygir.

Keywords: Asian toothed smelt, amateur fishing, ice fishing, stock condition, biological monitoring

For citation: Bugaev A.V., Amelchenko Yu.N., Ryabchun V.A., Frolov O.V. Assessment of the effects of amateur fishing on the stock and biological state of toothed smelt *Osmerus dentex* in winer-spring period in the lakes Nerpichye and Kalygir (East Kamchatka). The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean. 2022. Vol. 65. P. 52–65. (In Russian)

Современные тенденции эксплуатации водных биоресурсов в Российской Федерации приобретают все более высокое социальное значение. Особый вклад в развитие этого вносит глобализация любительского рыболовства. В настоящее время этому направлению рыбохозяйственной деятельности уделяется большое внимание, учитывая конституционно закреплен-

© Бугаев А.В., Амельченко Ю.Н., Рябчун В.А., Фролов О.В., 2022

ное право каждого гражданина осуществлять добычу (вылов) водных биоресурсов в потребительских или спортивно-любительских целях. Масштабы данного социального явления привели к необходимости системного пересмотра действующих Правил рыболовства, которые периодически актуализируются Министерством сельского хозяйства Российской Федерации.

В основном любительское рыболовство в России осуществляется в потребительских целях, то есть пойманные водные биоресурсы используются в качестве продуктов питания. Однако в последние годы все большую популярность приобретает рекреационное рыболовство по принципу «поймал – отпустил». В некоторых регионах страны масштабы любительского лова становятся сопоставимыми с промышленным рыболовством. Причем повсеместно существует нерегулируемая любительская добыча (вылов) водных биоресурсов, по которой отсутствует официальная промысловая статистика. В результате реальные масштабы любительского рыболовства в России остаются неизвестны как федеральным контролирующим органам, так и рыбохозяйственной науке.

В пределах Камчатского края основными объектами любительского рыболовства являются рыбы семейства лососевых (Salmonidae). В данном случае речь идет о тихоокеанских лососях и гольцах. Тем не менее еще одна группа рыб пользуется не меньшей популярностью у камчатских рыбаков-любителей. Это представители семейства корюшковых рыб (Osmeridae). В пределах Камчатского края к наиболее массовым представителям этого семейства относится корюшка азиатская зубастая *Osmerus dentex* (далее — корюшка). Данный вид является объектом масштабного подледного любительского лова, который осуществляется в зимне-весенний период практически во всем регионе (рис. 1 и 2).



Рис. 1. Организация подледного любительского рыболовства азиатской зубастой корюшки на Камчатке: верхний рис. — р. Тихая, нижний — оз. Нерпичье (автор фото Е. Воевудский)
Fig. 1. The amateur ice fishing of Asian toothed smelt in Kamchatka: upper – on the Tikhaya R., lower – on the Nerpichye Lake (photo by E. Voevudskyi)





Рис. 2. Удачные уловы корюшки азиатской зубастой на Камчатке (оз. Калыгирь) (автор фото Е. Воевудский)
Fig. 2. Successful catches of Asian toothed smelt in Kamchatka (Kalygir Lake) (photo by E. Voevudskyi)

Однако, несмотря на значительное количество водных объектов, где ведется любительский лов корюшки, в пределах Камчатского края можно выделить два водоема, являющихся наиболее предпочтительными для рыбаков-любителей: озера Нерпичье и Калыгирь (Восточная Камчатка, Петропавловско-Командорская подзона). Здесь сосредоточены основные региональные запасы вида в зимне-весенний период (Василец, 2000; Бугаев и др., 2014). Причем оба водоема находятся в транспортной доступности от крупных населенных пунктов — п. Усть-Камчатск (оз. Нерпичье) и г. Петропавловск-Камчатский (оз. Калыгирь). Это создает благоприятные условия для развития подледного любительского рыболовства в этих водных объектах.

В качестве вводной информации дадим краткую физико-географическую характеристику рассматриваемых водных объектов, по имеющимся справочным данным (Ресурсы поверхностных вод СССР, 1966).

Озеро Нерпичье — солоноватоводное озеро, расположенное на восточном побережье Камчатки в нижнем течении р. Камчатки, возле п. Усть-Камчатск. Озеро лагунного типа. Площадь зеркала около 552 км^2, средняя глубина 3,4 м, максимальная глубина 12 м. Из озера вытекает р. Озерная — приток р. Камчатки.

Озеро Калыгирь — солоноватоводное озеро, расположенное на восточном побережье Камчатки южнее Жупановского лимана. Через озеро протекает р. Калыгирь. Состоит из двух плесов (Большой и Малый Калыгирь) и отсоединено от моря песчано-галечной пересыпью, прорванной в северной части. Длина оз. Большой Калыгирь 9,5 км, ширина — 4,0 км, площадь зеркала — 20 км^2, максимальная глубина — 53 м.

Оба водных объекта являются нагульно-нерестовыми водоемами корюшки. Во второй половине декабря в озера начинают заходить на нагул созревающие рыбы. Нагульные миграции продолжаются в течение всей зимы и первой половины весны. В апреле–мае корюшка нерестится. Именно в зимне-весенний период, когда в озерах формируются значительные нагульные скопления, здесь осуществляется массовый подледный любительский лов. Масштабы нерегулируемой добычи корюшки сопоставимы с промышленным изъятием. Поэтому этот вид считается социально-значимым для жителей Камчатского края. В связи с этим специалисты КамчатНИРО ежегодно проводят биологический мониторинг наиболее значимых по численности популяций корюшки, включая воспроизводящиеся в бассейнах озер Нерпичье и Калыгирь.

Целью работы является оценка влияния зимне-весеннего любительского рыболовства на запасы и биологическое состояние корюшки озер Нерпичье и Калыгирь.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе использованы данные биологических показателей корюшки, собранные сотрудниками КамчатНИРО в результате полевых исследований в бассейнах озер Нерпичье и Калыгирь (Восточная Камчатка, Петропавловско-Командорская подзона) в зимний период 2011–2022 гг. Лов корюшки осуществляли с использованием удебных орудий лова по принятой схеме контрольных станций (рис. 3). Практически весь сбор биологического материала выполняли в период с 3-й декады января до 2-й декады февраля. Обычно экспедиции продолжались около двух недель.

Полный биологический анализ (ПБА) и определение возраста корюшки выполняли по общепринятым стандартным методикам (Правдин, 1966; Глубоковский и др., 2017). В работе рассмотрены основные биопоказатели рыб: пол, длина тела (АС), масса тела, возраст. Общее количество ПБА корюшки, выполненного в 2011–2022 гг., представлено в таблице 1.

В период экспедиционных работ сотрудники КамчатНИРО вели наблюдения за количеством рыбаков-любителей, ежедневно посещающих озера Нерпичье и Калыгирь, а также оценивали их общие уловы корюшки. Определение количества пойманных рыб осуществляли путем прямого подсчета на льду и опроса рыбаков-любителей.

Оценку потенциального вылова корюшки озер Нерпичье и Калыгирь выполняли по следующей формуле:

$$C = N_1 \times N_2 \times S,$$

где: C — общее количество выловленных рыб в течение зимне-весеннего периода; N_1 — среднее количество рыб, пойманных одним рыбаком в течение 1 дня (суток); N_2 — количество рыбаков, осуществляющих лов в течение 1 дня (суток); S — общее количество дней (суток), когда ведется массовый подледный лов.

Следует отметить, что полученные в работе оценки общего вылова корюшки носят экспертный характер, так как результаты натурных наблюдений экстраполируются на весь зимне-весенний период подледного любительского лова этого вида.

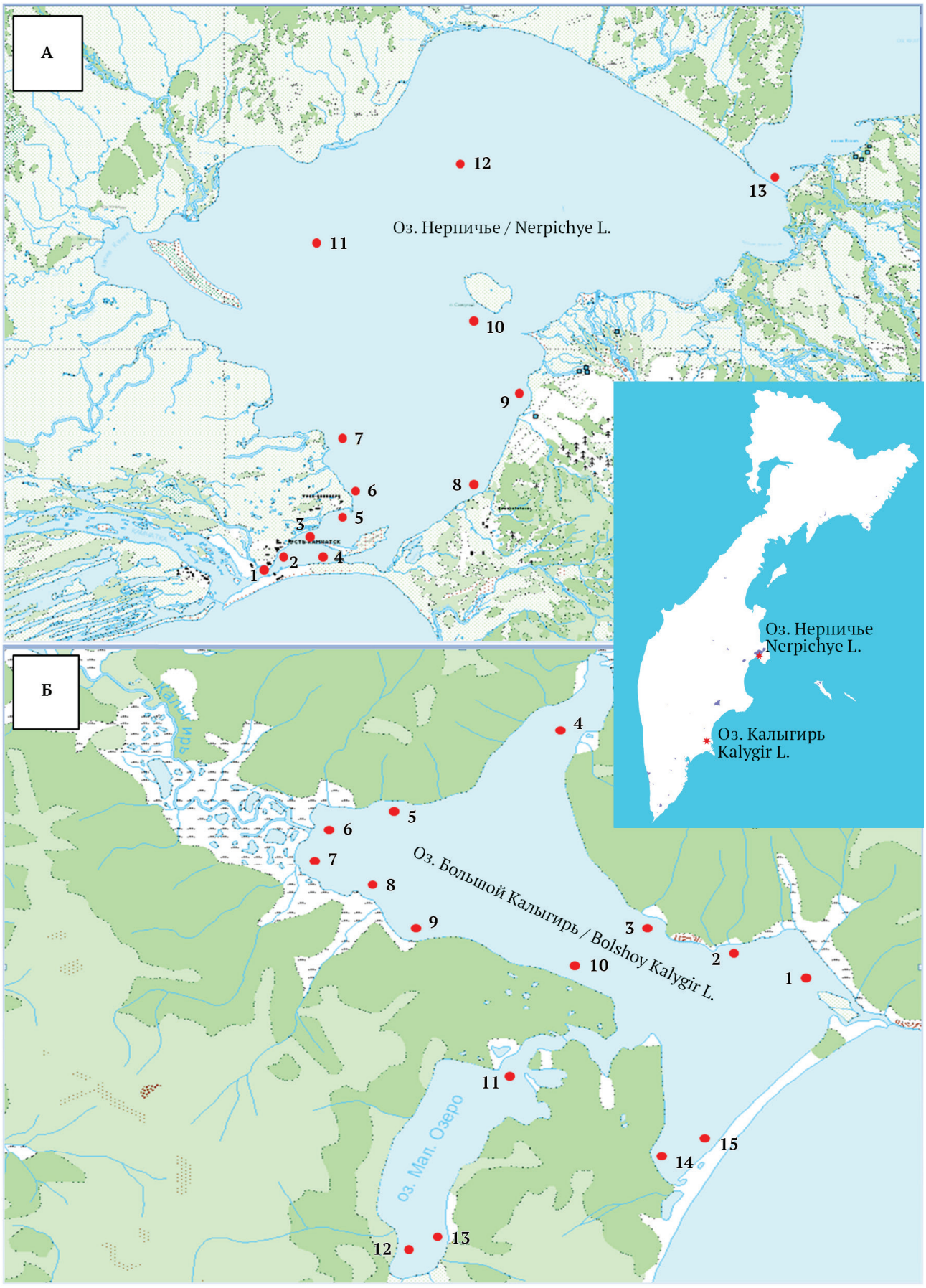


Рис. 3. Карты-схемы локализации станций КамчатНИРО для выполнения контрольных обловов корюшки азиатской зубастой в бассейнах озер Нерпичье (А) и Калыгирь (Б)
Fig. 3. The schematic maps of the distribution of the KamchatNIRO's control fishing stations for Asian toothed smelt in the basins of the lakes Nerpichye (A) and Kalygir (Б)

Таблица 1. Общий объем собранных проб корюшки азиатской зубастой в озерах Нерпичье и Калыгирь в 2011–2022 гг., экз.
Table 1. Total size of the Asian toothed smelt sample collected in the lakes Nerpichye and Kalygir in 2011–2022, ind.

Водоем Lake	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Всего Total
Оз. Нерпичье Nerpichye	159	450	106	250	184	254	164	165	200	150	159	300	2541
Оз. Калыгирь Kalygir	250	240	150	230	110	128	261	130	114	200	200	303	2316

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка потенциальной добычи (вылова)

Оценка потенциальной добычи (вылова) корюшки в режиме любительского рыболовства до настоящего времени остается проблематичной. В основном это связано с отсутствием официальной отчетности об объемах вылова любых видов водных биологических ресурсов (ВБР) при ведении нерегулируемого любительского лова. На законодательном уровне многие виды рыб, в частности и корюшка, относятся к подобным объектам рыболовства. Единственным ограничением для нерегулируемого лова ВБР являются суточные нормы вылова. В последней редакции Правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, утвержденных Приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации № 285 от 06.05.2022, определены суточные нормы добычи (вылова) корюшки в Петропавловско-Командорской подзоне в режиме любительского рыболовства на уровне 200 экз. в сутки. Аналогичная норма была указана и в предыдущей версии Правил рыболовства (приказ Минсельхоза РФ № 267 от 23.05.2019). Однако учитывая значительное количество рыбаков-любителей, осуществляющих подледную добычу (вылов) корюшки в водных объектах Камчатского края, невозможно контролировать реальное изъятие этого вида в режиме любительского рыболовства.

Выполнение прикладных рыбохозяйственных задач в пределах Камчатского края нередко требует от отраслевой науки предоставление оценок состояния запасов корюшки в основных нагульно-нерестовых водоемах региона. Поэтому в процессе государственного мониторинга водных биологических ресурсов в зимний период был осуществлен сбор информации, позволившей получить экспертные оценки контрольных параметров (N_1, N_2) потенциальной добычи (вылова) корюшки озер Нерпичье и Калыгирь в режиме нерегулируемого любительского рыболовства (рис. 4).

Наблюдения специалистов КамчатНИРО позволили определить среднее количество рыбаков-любителей, осуществляющих подледный лов корюшки в оз. Нерпичьем — на уровне 200–250 чел./сут. При этом добыча (вылов) составляла 70–80 экз./сут. Эти же показатели для оз. Калыгирь достигали порядка 100 чел./сут и 90–10 экз./сут. Более высокий уровень посещаемости рыбаками оз. Нерпичьего вполне объясним географическим положением водоема в черте п. Усть-Камчатск. Для сравнения уточним, что до оз. Калыгирь из Петропавловска-Камчатского необходимо добираться около 5 ч на снегоходной технике, что обуславливает более низкий уровень его посещаемости рыбаками-любителями.

Далее для оценки потенциальной добычи (вылова) корюшки озер Нерпичье и Калыгирь необходимо определить общее количество дней (суток), когда ведется ее подледный лов (S). При условии, что лов возможен только при наличии достаточно толстого льда, общую среднемноголетнюю продолжительность ледостава достаточно легко определить. На исследуемых водных объектах устойчивый лед формируется в период с 3-й декады декабря до 2-й декады марта, то есть общая продолжительность подледного лова корюшки может составить порядка 90 дней (суток).

Однако следует учитывать, что часть этого периода может быть недоступна для осуществления любительского рыболовства корюшки по причине неблагоприятных метеорологических условий. По данным гидрометеостанции Петропавловска-Камчатского, количество дней (суток), когда скорость ветра в Петропавловско-Командорской подзоне была выше 6 баллов по шкале Бофорта (сильный ветер >10,1 м/с), за период с 15 декабря по 15 марта по среднемноголетним данным 2011–2022 гг. составляло 12 (https://www.ncei.noaa.gov/data/global-summary-of-the-day/access). Потенциально это все неблагоприятные дни для осуществления подледного лова корюшки в бассейнах озер Нерпичье и Калыгирь. При этом количество подобных дней ежегодно варьировало от 5 до 21. Принимая во внимание экспертный характер оценок потенциального вылова корюшки, предлагаем обо-

значить порядок неблагоприятных дней на уровне 10 дней (суток). Таким образом, исключая это количество дней из общей продолжительности ледостава на озерах Нерпичье и Калыгирь, величина S составит 80 дней (суток).

На основе определенных параметров любительского рыболовства были получены оценки потенциальной добычи (вылова) корюшки озер Нерпичье и Калыгирь в зимне-весенний период 2011–2022 гг. (табл. 2, рис. 5).

Исходя из полученных данных, среднемноголетний объем добычи (вылова) корюшки в озерах Нерпичье и Калыгирь оценен приблизительно в пределах 121 т (32–220 т) и 153 т (28–273 т) соответственно. Суммарный ежегодный вылов в обоих водных объектах составляет в среднем порядка 275 т (105–493 т). В обоих случаях наблюдается тренд на некоторое снижение уровня добычи (вылова) корюшки. Особенно это заметно для популяции оз. Нерпичьего. Вероятно, данное обстоятельство привело к значительному снижению количества рыбаков-любителей в оз. Нерпичьем в 2021 и 2022 гг., так как местные жители нацелены на потребительское рыболовство. Однако в 2022 г. уловы на 1 чел./сут снова начали возрастать, приблизившись к среднемноголетним показателям, как непосредственно в оз. Нерпичьем, так и в оз. Калыгирь. Причем это произошло даже несмотря на то обстоятельство, что в декабре 2021 г. в оз. Калыгирь был выявлен массовый замор корюшки, предположительно вызванный выделением подо льдом природного газа (сероводорода или метана). Также необходимо отметить, что образование нагульных скоплений рыб может быть обусловлено комплексным влиянием биотических и абиотических факторов, которые подвержены межгодовой изменчивости (Касумян, Павлов, 2018), что влияет на колебание величин уловов, а также на качественные характеристики рыб.

В целом, следует признать, что оцененный уровень изъятия корюшки озер Нерпичье и Калыгирь в режиме любительского лова соответ-

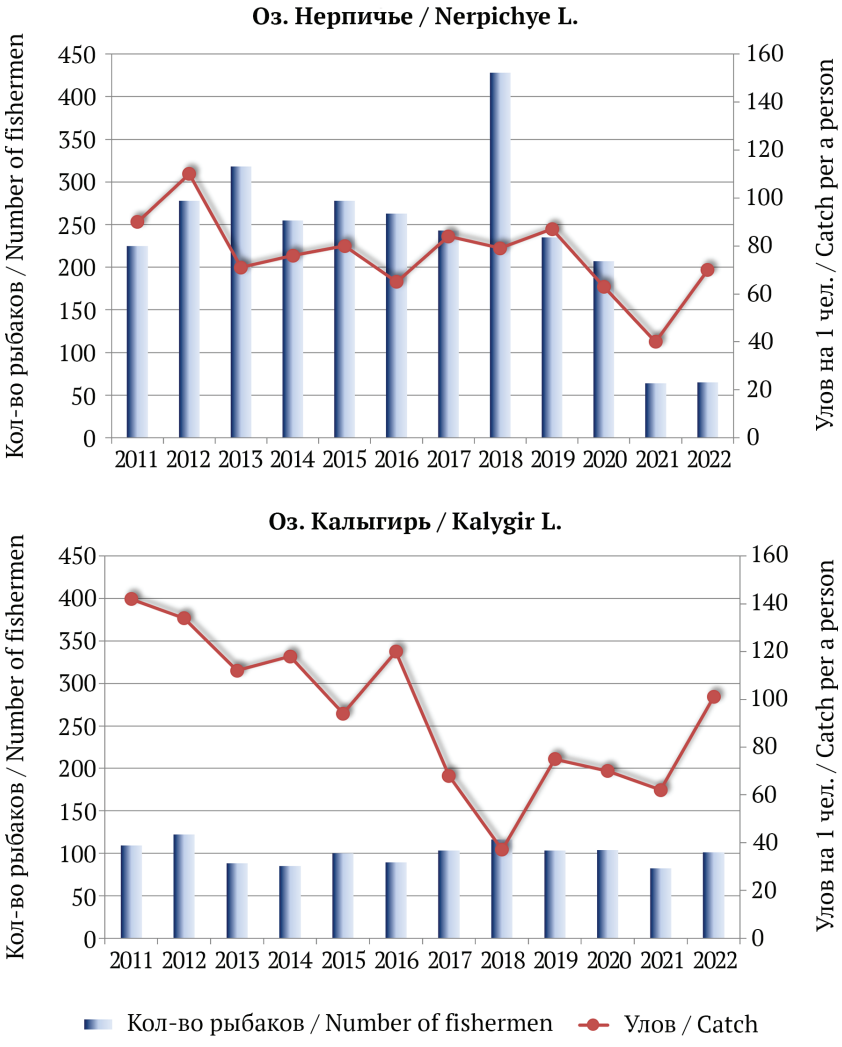


Рис. 4. Динамика среднесуточных показателей количества рыбаков-любителей и уловов корюшки азиатской зубастой на 1 человека в бассейнах озер Нерпичье и Калыгирь в январе–феврале 2011–2022 гг.
Fig. 4. The dynamics of the average daily number of amateur fishermen and the catch of Asian toothed smelt per a fisherman in the basins of the lakes Nerpichye and Kalygir in January–February of 2011–2022

ствует показателям промышленного рыболовства. Причем эти оценки базируются исключительно на использовании удебных орудий лова. Но необходимо учитывать, что еще существует ННН-промысел этого вида с использованием сетных орудий лова, применение которых запрещено во внутренних водных объектах Камчатского края действующими Правилами рыболовства. Поэтому потенциальный реальный вылов корюшки в озерах Нерпичье и Калыгирь в зимне-весенний период может быть заметно выше представленных нами оценок.

Оценка биологического состояния

В процессе проведенных исследований специалисты КамчатНИРО всегда использовали только удебные орудия лова, поэтому все полученные биологические данные вполне сопоставимы в многолетней динамике. Как отмечено выше, анализ биологических показателей включал базовые качественные характеристики рыб, являющиеся индикаторами состояния запасов корюшки озер Нерпичье и Калыгирь в зимний период.

Соотношение полов. Количественное соотношение самцов и самок является приспособительным свойством рыб и направлено на обеспечение успешного воспроизводства. У большинства рыб оно близко 1:1 (Никольский, 1974). Причем это в значительной степени обусловлено генетическими причинами (Животовский, 2021). Однако соотношение полов у рыб может меняться под воздействием как различных природных, так и эндогенных факторов. В данном случае корюшка не является исключением. Полученные данные о динамике встречаемости самцов корюшки, нагуливающейся в озерах Нерпичье и Калыгирь в зимний период 2011–2022 гг., показаны на рисунке 6.

Из представленного графика видно, что среднемноголетняя доля самцов корюшки обеих популяций достаточно близка к 50%. В оз. Нерпичьем этот показатель составил 48% (38–62%), а в оз. Калыгирь — 53% (45–72%). Полученные данные указывают на то, что общее соотношение самцов и самок в многолетней динамике достаточно близко к 1:1. Имеющиеся в отдельные годы диспропорции соотношения полов вполне могут быть обусловлены естественными природными причинами.

Возрастная структура. В период зимних нагульных миграций в бассейнах озер Нерпичье и Калыгирь скопления корюшки состоят из неполовозрелых и половозрелых (созревающих) рыб. Поэтому на данном этапе жизненного цикла рыбы могут иметь несколько возрастных когорт. При этом возраст созревания корюшки составляет 3–4 года (Василец, 2000;

Таблица 2. Оценки вылова корюшки азиатской зубастой в режиме любительского рыболовства в бассейнах озер Нерпичье и Калыгирь в зимне-весенний период 2011–2022 гг., т
Table 2. Estimates of the catch of Asian toothed smelt in the recreational fishing regime in the basins of the lakes Nerpichye and Kalygir in the winter-spring period of 2011–2022, t

Водоем Lake	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Оз. Нерпичье Nerpichye	230	273	137	162	229	56	121	258	171	142	28	33
Оз. Калыгирь Kalygir	219	220	127	111	99	138	32	32	134	116	77	151
Всего / Total	449	493	264	273	328	195	153	290	305	258	105	184

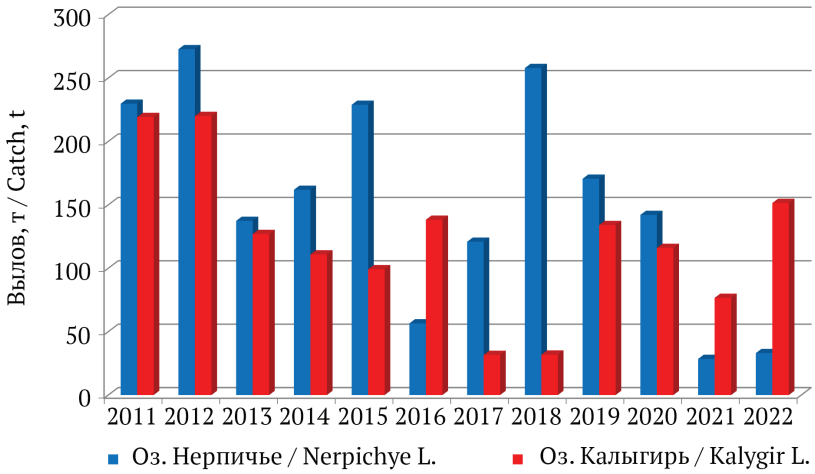


Рис. 5. Динамика вылова корюшки азиатской зубастой в режиме любительского рыболовства в бассейнах озер Нерпичье и Калыгирь в зимне-весенний период 2011–2022 гг.
Fig. 5. The dynamics of the catches of Asian toothed smelt in the amateur fishing regime in the basins of the lakes Nerpichye and Kalygir in the winter-spring period of 2011–2022

Черешнев и др., 2002). На рисунке 7 показана межгодовая динамика среднего возраста корюшки в рассматриваемых водных объектах.

Из представленных данных видно, что средний возраст рыб из подледных уловов в озерах Нерпичье и Калыгирь в 2011–2022 гг. в основном колебался на уровне 3–5 лет. Причем в оз. Нерпичьем этот показатель был ниже, составив 3,4 года, чем в оз. Калыгирь (4,3 года). Среднемноголетнее распределение возрастного состава корюшки в обоих водоемах для рассматриваемого ряда лет дано на рисунке 8.

Судя по полученным данным, в уловах корюшки из оз. Нерпичьего доминировали особи в возрасте 3+ и 4+, суммарно составляющие 79%. В оз. Калыгирь преобладали рыбы в возрасте 3+, 4+ и 5+ — 70%. В обоих случаях доля неполовозрелых рыб (возраст 2+) оставалась относительно низкой, составляя порядка 10%. Доля корюшки старших возрастных групп (возраст 6+, 7+ и 8+) была заметно выше у рыб из оз. Калыгирь.

Известно, что соотношение возрастного состава корюшки в различных регионах Дальнего Востока России зависит от интенсивности ее промыслового использования (Черешнев и др., 2002). В исследуемых выборках динамика среднего возраста рыб остается достаточно стабильной в течение всего периода наблюдений. Исключениями можно считать лишь 2016 и 2017 гг. Однако дальнейший ход формирования возрастной структуры в 2018–2022 гг. свидетельствует о стабилизации этого показателя у обеих популяций корюшки.

Длина и масса тела. Данные биологические показатели рыб являются важнейшими взаимосвязанными критериями, характеризующими качественное состояние популяций. Межгодовая динамика размерно-массовых показателей корюшки озер Нерпичье и Калыгирь в зимний период 2011–2022 гг. представлена на рисунках 9 и 10.

Исходя из полученных данных, средние показатели длины и массы тела корюшки соот-

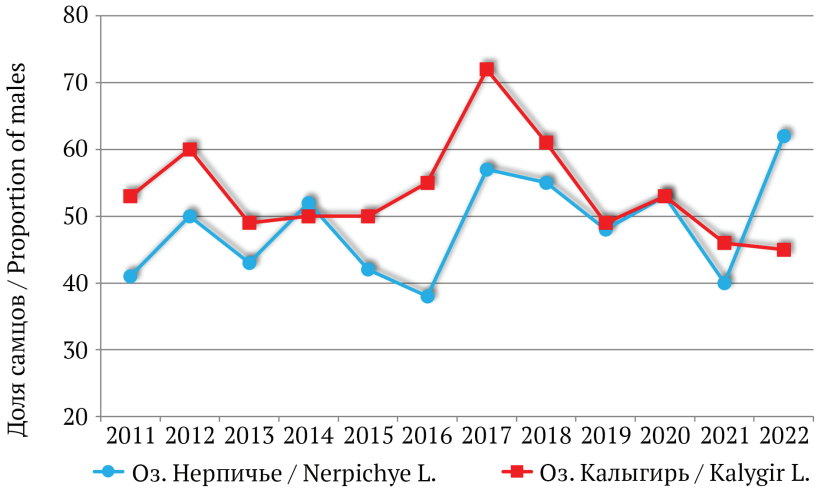


Рис. 6. Межгодовая динамика встречаемости самцов корюшки азиатской зубастой в бассейнах озер Нерпичье и Калыгирь в январе–феврале 2011–2022 гг.
Fig. 6. The interannual dynamics of the frequency of Asian toothed smelt males in the basins of the lakes Nerpichye and Kalygir in January–February of 2011–2022

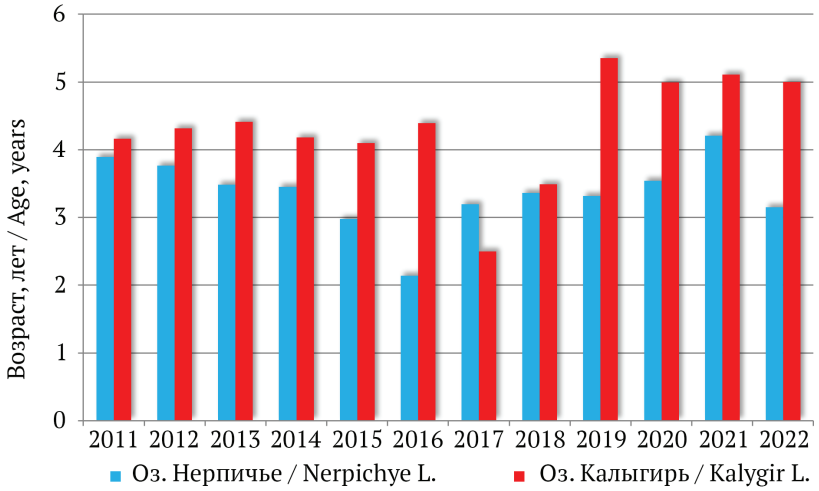


Рис. 7. Межгодовая динамика среднего возраста корюшки азиатской зубастой в бассейнах озер Нерпичье и Калыгирь в январе–феврале 2011–2022 гг.
Fig. 7. The interannual dynamics of the average age of Asian toothed smelt in the basins of the lakes Nerpichye and Kalygir in January–February of 2011–2022

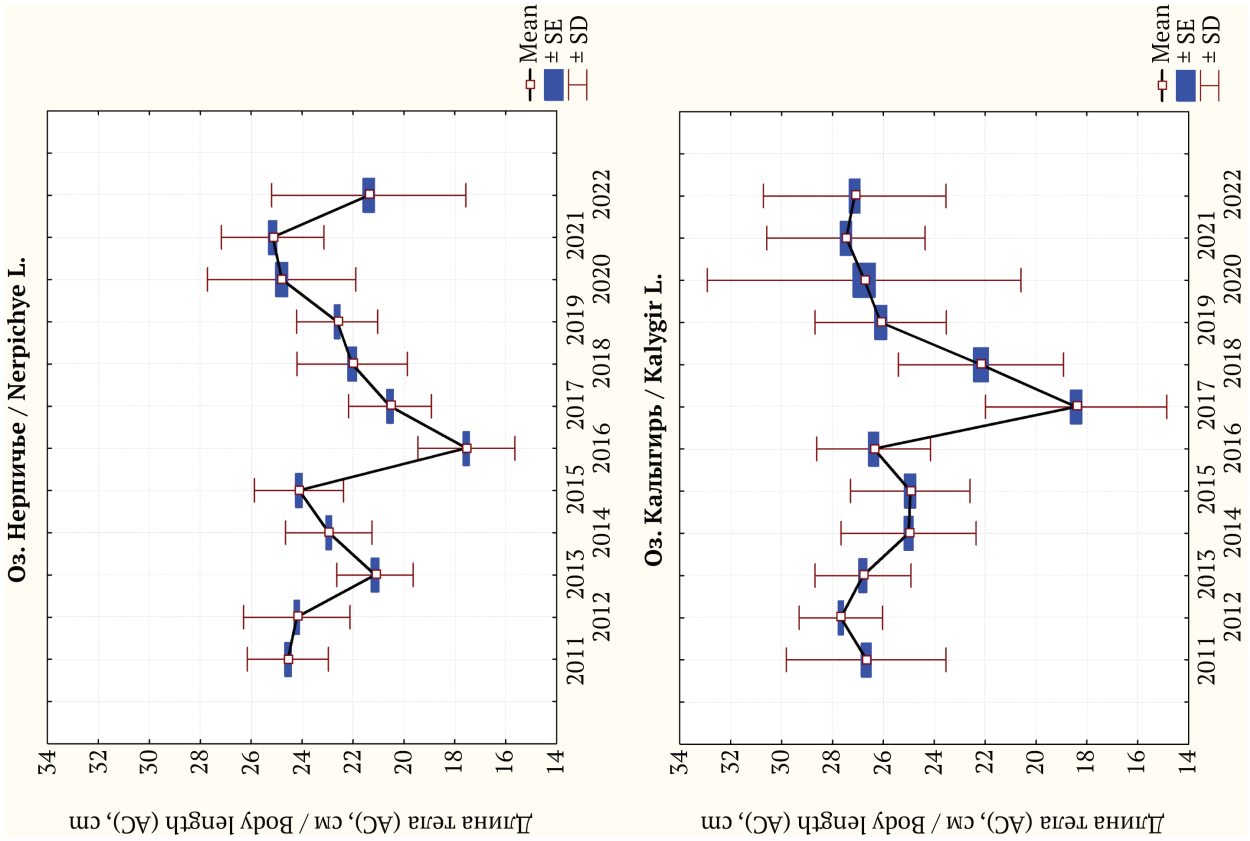


Рис. 9. Межгодовая динамика длины тела корюшки азиатской зубастой в бассейнах озер Нерпичье и Калыгирь в январе–феврале 2011–2022 гг.: Mean — среднее, SE — стандартная ошибка, SD — стандартное отклонение
Fig. 9. The interannual dynamics of the body length of Asian toothed smelt in the basins of the lakes Nerpichye and Kalygir in January–February of 2011–2022: Mean – average, SE – standard error, SD – standard deviation

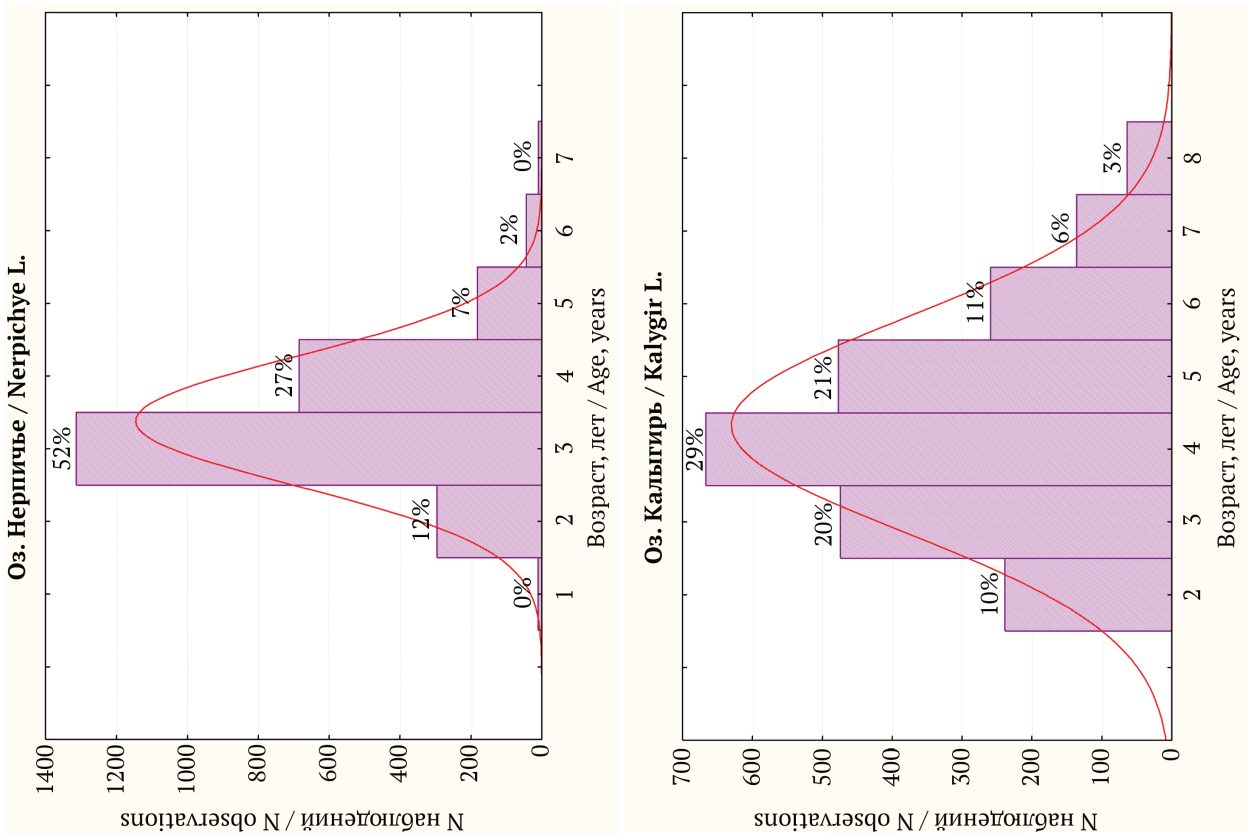


Рис. 8. Среднемноголетнее распределение возрастного состава корюшки азиатской зубастой в бассейнах озер Нерпичье и Калыгирь в январе–феврале 2011–2022 гг.
Fig. 8. The longterm average age composition of Asian toothed smelt in the basins of the lakes Nerpichye and Kalygir in January–February of 2011–2022

ветствовали: в оз. Нерпичьем — длина 23 см (18–25 см), масса 103 г (41–141 г); в оз. Калыгирь — длина 25 см (18–28 см), масса 156 г (56–217 г). Видно, что средние размерно-массовые показатели корюшки оз. Калыгирь выше, чем у рыб оз. Нерпичьего. В принципе, это согласуется и с возрастной структурой обеих популяций. Аналогичную зависимость можно отметить на примере снижения размерно-массовых показателей в соответствии с межгодовой возрастной динамикой, когда средний возраст корюшки из оз. Нерпичьего в 2016 г. составил 2,1 года, а рыб из оз. Калыгирь в 2017 г. — 2,5 года. По сути, минимальный возраст корюшки соответствовал наиболее низким значениям размерно-массовых показателей рыб обеих популяций.

Следует отметить, в целом наблюдаются нейтральные тренды многолетней изменчивости размерно-массовых показателей корюшки озер Нерпичье и Калыгирь. Это говорит об относительно устойчивом размерно-массовом составе рыб исследуемых популяций. По среднемноголетним данным 2011–2022 гг. распределение основных модальных групп значений длины и массы тела корюшки выглядело следующим образом: в оз. Нерпичьем — длина 18–26 см (80%), масса 50–150 г (77%); в оз. Калыгирь — длина 22–30 см (72%), масса 50–250 г (80%) (рис. 11 и 12). Рыбы указанного размерно-массовых модальных классов формируют основу подледного лова корюшки данных популяций в зимний период.

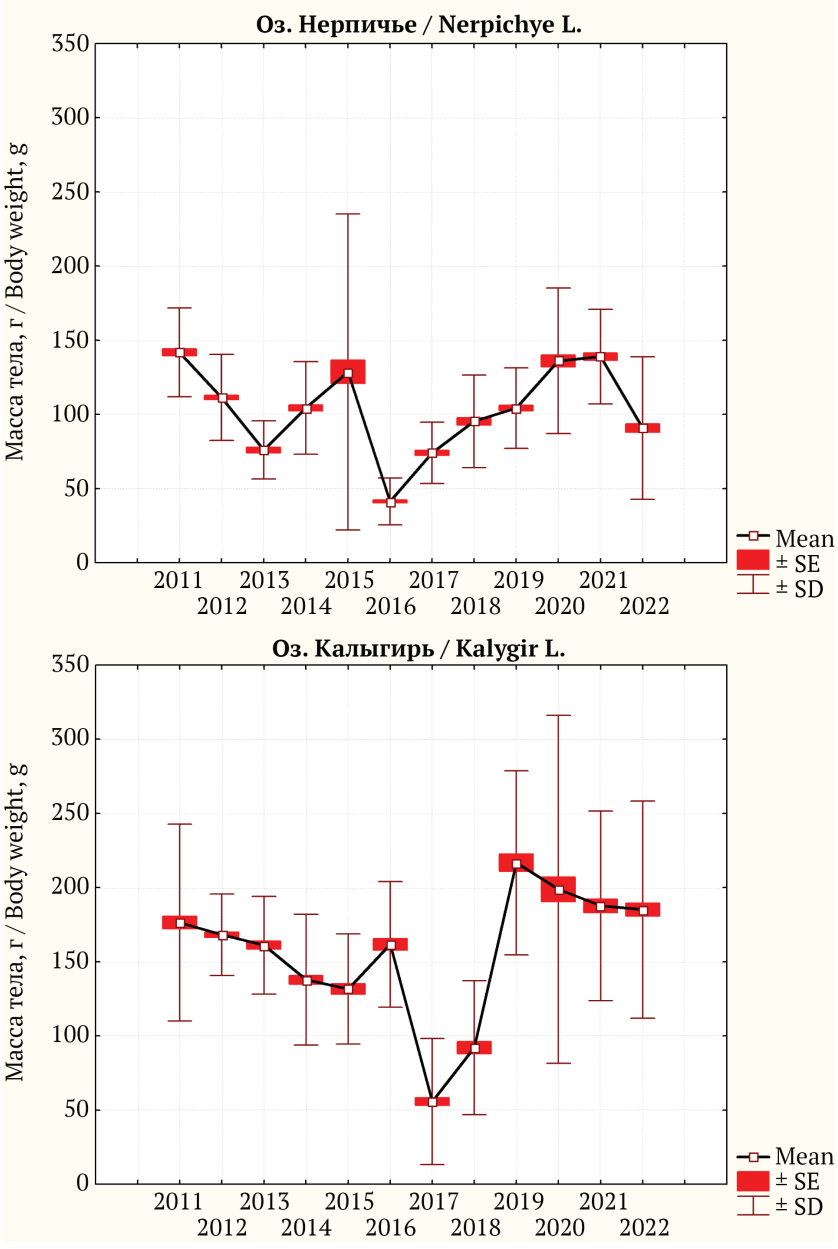


Рис. 10. Межгодовая динамика массы тела корюшки азиатской зубастой в бассейнах озер Нерпичье и Калыгирь в январе–феврале 2011–2022 гг.: Mean — среднее, SE — стандартная ошибка, SD — стандартное отклонение
Fig. 10. The interannual dynamics of the body length of Asian toothed smelt in the basins of the lakes Nerpichye and Kalygir in January–February of 2011–2022: Mean – average, SE – standard error, SD – standard deviation

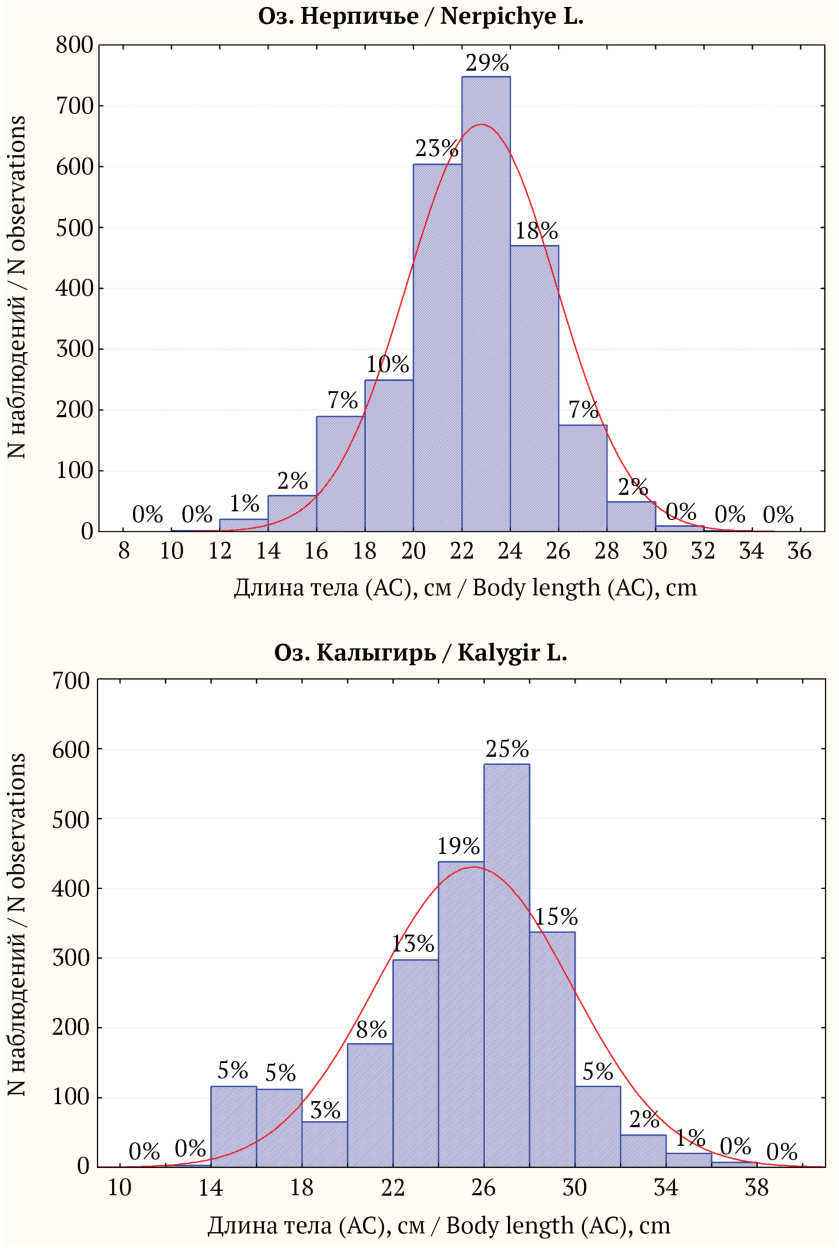


Рис. 11. Среднемноголетнее распределение размерного состава корюшки азиатской зубастой в бассейнах озер Нерпичье и Калыгирь в январе–феврале 2011–2022 гг.
Fig. 11. The longterm average distribution of the body length composition of Asian toothed smelt in the basins of the lakes Nerpichye and Kalygir in January–February of 2011–2022

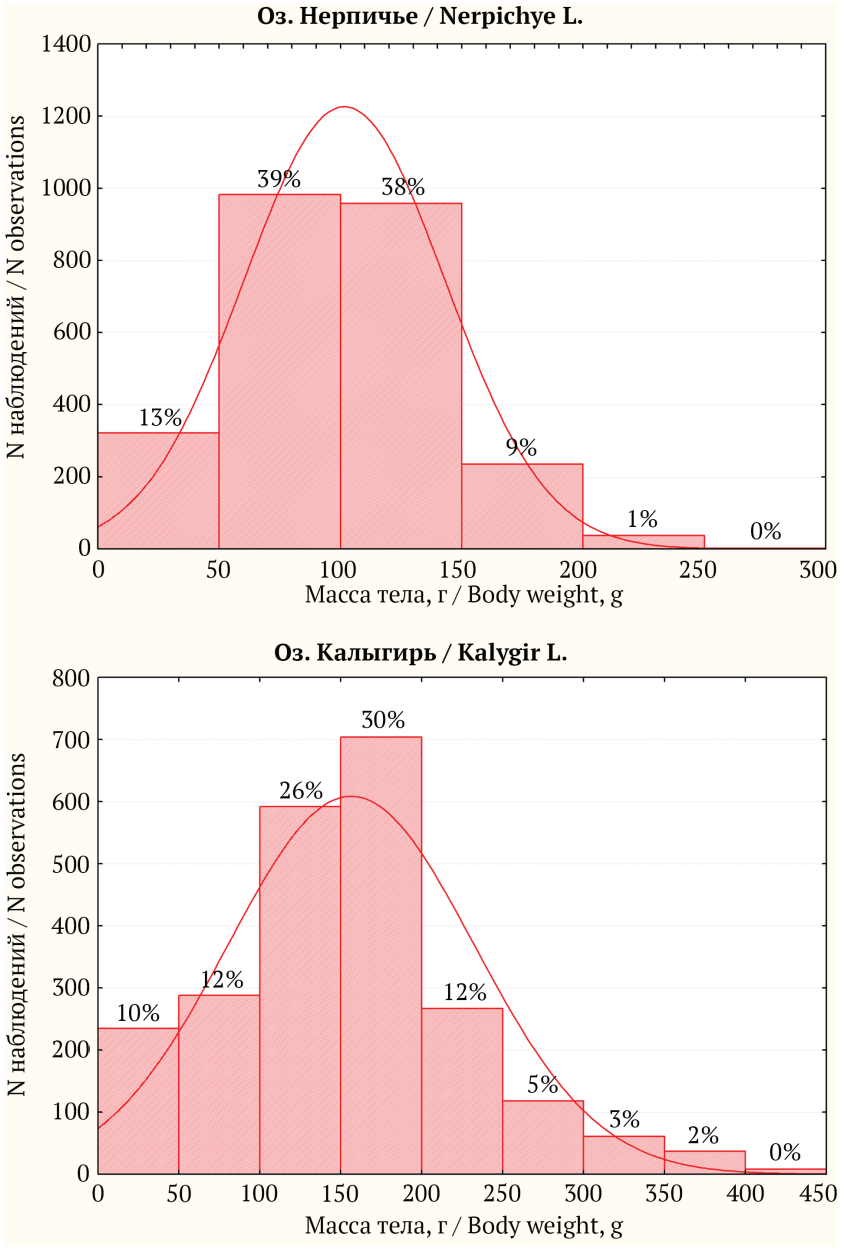


Рис. 12. Среднемноголетнее распределение весового состава корюшки азиатской зубастой в бассейнах озер Нерпичье и Калыгирь в январе–феврале 2011–2022 гг.
Fig. 12. The longterm average distribution of the body weight composition of Asian toothed smelt in the basins of the lakes Nerpichye and Kalygir in January–February of 2011–2022

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования по изучению влияния любительского рыболовства на запасы и качественные показатели корюшки азиатской зубастой озер Нерпичье и Калыгирь в зимний период 2011–2022 гг. позволили определить современные тенденции данной зависимости. По экспертным оценкам, общий вылов корюшки в обоих водных объектах в режиме нерегулируемого любительского рыболовства ежегодно в среднем составлял порядка 300 т. Тенденции многолетней добычи (вылова) корюшки в данных водоемах достаточно сходные. Отмечено лишь некоторое снижение уловов вида в оз. Нерпичьем в 2021 и 2022 гг. Тем не менее следует подчеркнуть, что подобный уровень изъятия водных биологических ресурсов соответствует уровню промышленного рыболовства.

Анализ биологического состояния корюшки показал, что любительское рыболовство в целом не оказало существенного влияния на структуру популяций корюшки озер Нерпичье и Калыгирь. О чем свидетельствуют относительно стабильные размерно-возрастные показатели рыб в рассматриваемый период лет. При этом у корюшки оз. Калыгирь длина и масса тела, а также средний возраст превышали аналогичные показатели рыб оз. Нерпичьего.

Таким образом, накопленная информация свидетельствует о достаточно стабильном состоянии запасов корюшки озер Нерпичье и Калыгирь в 2011–2022 гг. Имеющиеся отклонения отдельных биологических показателей от среднемноголетних параметров могут иметь естественные причины, не связанные со снижением численности запасов, а случаи межгодовой изменчивости уловов и качественных характеристик рыб вполне объяснимы особенностями пространственного и временного распределения рыб в водных объектах в период зимних нагульных миграций.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Бугаев А.В., Амельченко Ю.Н., Липнягов С.В. 2014. Азиатская зубастая корюшка *Osmerus mordax dentex* в шельфовой зоне и внутренних водоемах Камчатки: состояние запасов, промысел и биологическая структура // Изв. ТИНРО. Т. 178. С. 3–24.

Василец П.М. 2000. Корюшки прибрежных вод Камчатки: Дис. … канд. биол. наук. Владивосток. 191 с.

Глубоковский М.К., Марченко С.Л., Темных О.С., Шевляков Е.А. 2017. Методические рекомендации исследований тихоокеанских лососей. М.: ВНИРО. 84 с.

Животовский Л.А. 2021. Генетика природных популяций. Йошкар-Ола: Вертикаль. 600 с.

Касумян А.О., Павлов Д.С. 2018. Стайное поведение рыб. М.: Тов-во науч. изданий КМК. 274 с.

Никольский В.Г. 1974. Экология рыб. М.: Высшая школа. 367 с.

Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть. 376 с.

Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 20. Камчатка. 1966. Под ред. В.Ч. Здановича. Л.: Гидрометеоиздат. 260 с.

Черешнев И.А., Волобуев В.В., Шестаков А.В., Фролов С.В. 2002. Лососевидные рыбы Северо-Востока России. Владивосток: Дальнаука. 496 с.

REFERENCES

Bugaev A.V., Amelchenko Y.N., Lipnyagov S.V. Rainbow smelt osmerus mordax dentex in the shelf zone and inland water bodies of Kamchatka: state of stock, fishery, and biological structure. *Izvestiya TINRO*, 2014, vol. 178, pp. 3–24. (In Russian)

Vasilets P.M. *Koryushki pribrezhnykh vod Kamchatki. Dis. kand. biol. nauk* [Smelts in coastal waters of Kamchatka. Dis. cand. biol. sciences]. Vladivostok, 2000, 191 p.

Glubokovskiy M.K., Marchenko S.L., Temnykh O.S., Shevlyakov Y.A. *Metodicheskiye rekomendatsii po issledovaniyam tikhookeanskikh lososey* [Guidelines for Research on Pacific Salmon]. Moscow: VNIRO, 2017, 80 p.

Zhivotovskiy L.A. *Genetika prirodnykh populyatsiy* [Genetics of natural populations]. Yoshkar-Ola: Vertikal, 2021, 600 p.

Kasumyan A.O., Pavlov D.S. *Staynoye povedeniye ryb* [Schooling Behavior in Fish]. Moscow, 2018, 274 p.

Nikolskiy V.G. *Ekologiya ryb* [Fish ecology]. Moscow: Vysshaya shkola, 1974, 367 p.

Pravdin I.F. *Rukovodstvo po izucheniyu ryb* [Guide to the study of fish]. Moscow, 1966, 376 p.

Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Gidrologicheskaya izuchennost. T. 20: Kamchatka [Surface Water Resources of the USSR, Hydrological study, vol. 20: Kamchatka]. Zdanovich, V.Ch. (Ed.) Leningrad: Gidrometioizdat, 1966, 260 p.

Chereshnev I.A., Volobuyev V.V., Shestakov A.V., Frolov S.V. *Lososevidnyye ryby Severo-Vostoka Rossii* [Salmonid fishes of the North-East of Russia]. Vladivostok: Dalnauka, 2002, 496 p.

Информация об авторах
А.В. Бугаев — док. биол. наук, зам. руководителя Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)
Ю.Н. Амельченко — зав. сектором Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)
В.А. Рябчун — канд. биол. наук, ст. науч. сотрудник Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)
О.В. Фролов — инженер Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)
Information about the authors
Alexandr V. Bugaev – D. Sc. (Biology), Deputy Director (KamchatNIRO)
Yury N. Amelchenko – Head of Division (KamchatNIRO)
Veronika A. Ryabchun – Ph. D. (Biology), Senior Researcher (KamchatNIRO)
Oleg V. Frolov – Engineer (KamchatNIRO)

Статья поступила в редакцию: 26.08.2022
Одобрена после рецензирования: 03.10.2022
Статья принята к публикации: 04.10.2022

Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2022. Вып. 65. С. 66–79.
The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean. 2022. Vol. 65. P. 66–79.
ISSN 2072-8212 (print), ISSN 2782-6236 (online)

Научная статья / Original article
УДК 591.524.11:597.552.511(282.257.41)
doi:10.15853/2072-8212.2022.65.66-79



ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МАКРОЗООБЕНТОСА В РЕКЕ БОЛЬШОЙ (ЗАПАДНАЯ КАМЧАТКА) В СВЯЗИ С НЕРЕСТОВЫМИ ЗАХОДАМИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ

Кальченко Елена Ивановна[1], Травина Татьяна Николаевна[1], Походина Мария Александровна[1], Растягаева Надежда Алексеевна[1], Попков Александр Анатольевич[2]

[1]Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), Петропавловск-Камчатский, Россия, kalchenko.e.i@kamniro.ru
[2]Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО), Владивосток, Россия, aleksandr.popkov@tinro-center.ru

Аннотация. В работе показаны механизмы влияния органики морского происхождения, поступающей в бассейн р. Большой в связи с нерестовыми заходами тихоокеанских лососей, на качество пресноводного макрозообентоса. Выяснено, что личинки амфибиотических насекомых могут получать биогены морского происхождения как за счет прямого потребления сненки в летне-осенний период, так и опосредованно через трофические цепи на протяжении длительного времени (до весны следующего года). Установлено влияние величины нерестовых заходов тихоокеанских лососей на такие показатели беспозвоночных, как масса тела, содержание липидов и жирных кислот-маркеров их источников питания (фитопланктона, бактериопланктона и детрита). Сделан вывод об улучшении трофических условий обитания организмов макрозообентоса — кормовых объектов молоди рыб, в связи с поступлением большего количества морских биогенов.

Ключевые слова: тихоокеанские лососи, нерестовые заходы, морские биогены, пресноводный макрозообентос, питание, жирные кислоты

Для цитирования: Кальченко Е.И., Травина Т.Н., Походина М.А., Растягаева Н.А., Попков А.А. Оценка качества макрозообентоса в реке Большой (Западная Камчатка) в связи с нерестовыми заходами производителей тихоокеанских лососей // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2022. № 65. С. 66–79.

ASSESSMENT OF MACROZOOBENTHOS QUALITY IN THE BOLSHAYA RIVER (WESTERN KAMCHATKA) IN CONNECTION WITH ESCAPEMENTS OF PACIFIC SALMON SPAWNERS

Elena I. Kalchenko[1], Tatiana N. Travina[1], Maria A. Pokhodina[1], Nadezhda A. Rastyagaeva[1], Alexander A. Popkov[2]

[1]Kamchatka Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, kalchenko.e.i@kamniro.ru
[2]Pacific Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (TINRO), Vladivostok, Russia, aleksandr.popkov@tinro-center.ru

Abstract. The paper shows mechanisms of influence of organic matter of marine origin entering the Bolshaya River basin with spawning escapement of Pacific salmon on the quality of freshwater macrozoobenthos. It has been found out that larvae of amphibiotic insects can receive marine nutrients through direct consumption of benthos in summer-autumn period and indirectly through trophic chains for a long time (till spring of the next year). The effect of Pacific salmon spawning escapements on such invertebrate characteristics as body weight, content of lipids and fatty acid-markers of food sources (phytoplankton, bacterioplankton or detritus) has been established. It is concluded that the trophic conditions of macrozoobenthos organisms, the food items of juvenile fish, have improved due to the intake of more marine nutrients.

Keywords: Pacific salmon, spawning escapement, marine nutrients, freshwater macrozoobenthos, feeding, fatty acids

For citation: Kalchenko E.I., Travina T.N., Pokhodina M.A., Rastyagaeva N.A., Popkov A.A. Assessment of macrozoobenthos quality in the Bolshaya River (Western Kamchatka) in connection with escapements of Pacific salmon spawners // The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the northwest part of the Pacific Ocean. 2022. Vol. 65. P. 66–79. (In Russian)

Река Большая является одной из важнейших по воспроизводству всех видов тихоокеанских лососей на западном побережье Камчатки (Шевляков и др., 2013). Каждый год в бассейн этой реки заходят на нерест сотни тысяч производителей лососей. В результате разложения погибших после нереста рыб пресноводная экосистема получает биогенные вещества морско-

© Кальченко Е.И., Травина Т.Н., Походина М.А., Растягаева Н.А., Попков А.А., 2022

го происхождения, в первую очередь азот, фосфор и углерод, которые используются на различных трофических уровнях. Горбуша, как самый многочисленный вид лососей, обеспечивает поступление в реки западного побережья Камчатки более 90% морских биогенов в четные и 56–62% в нечетные годы (Кузищин и др., 2012). В настоящее время в отечественной литературе имеется очень мало сведений о влиянии морского «субсидирования» на качество организмов макрозообентоса — объектов питания молоди рыб в речных экосистемах. В представленной работе мы анализировали состав жирных кислот (ЖК) беспозвоночных для выяснения степени воздействия органики морского происхождения на их спектры питания. Известно, что ЖК наряду с изотопами углерода и азота используют в качестве биохимических маркеров для анализа источников и путей трансформации органического вещества в пресноводных и морских экосистемах и установления трофических связей гидробионтов (Smith et al., 1996; Heintz et al., 2004, 2010; Сущик, 2008; Рудченко, 2018; Кормилец, 2019).

Цель данной работы — оценка влияния нерестовых заходов тихоокеанских лососей в бассейн р. Большой на качественные показатели пресноводного макрозообентоса.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Объектами исследования являлись организмы макрозообентоса из бассейна р. Большой. Сбор материала проводили на станциях, расположенных в среднем течении р. Плотникова (станция 1) и р. Быстрой (станция 2), а также в нижнем течении р. Большой (станция 3) в апреле–октябре 2004–2016 гг. Районы сбора проб представлены на рисунке 1.

В работе использованы методы, общепринятые в трофологических, биохимических и гидрохимических исследованиях.

Сбор проб зообентоса проводили ловушкой Леванидова. В мае и июне пробы собирали два раза в месяц (в середине и конце месяца), а в апреле и июле–октябре — один раз. Анализ проб выполняли стандартными методами (Методические рекомендации.., 2003). Идентификация беспозвоночных проведена по возможности до вида по определителям (Макарченко, 1985; Определитель.., 1999).

Для биохимического анализа использовали пробы макрозообентоса, собранные в апреле–октябре 2012–2016 гг. В разные месяцы из проб отбирали самые многочисленные виды личинок амфибиотических насекомых (хирономид, веснянок, поденок и ручейников). Общие пробы, включающие от 5 до 30 живых организмов одного вида, в основном навеской 0,5–1,5 г, были зафиксированы во флаконах 3–5 мл смеси хлороформ-этанол (2:1 по объему) и содержались при температуре минус 20 °С в холодильнике до последующего биохимического анализа. Перед анализом пробы гомогенизировали в фарфоровой ступке. Экстракцию липидов из тканей беспозвоночных проводили смесью растворителей хлороформ-этанол (2:1 по объему) по методу Фолча (Folch et al., 1957). Общее содержание липидов устанавливали

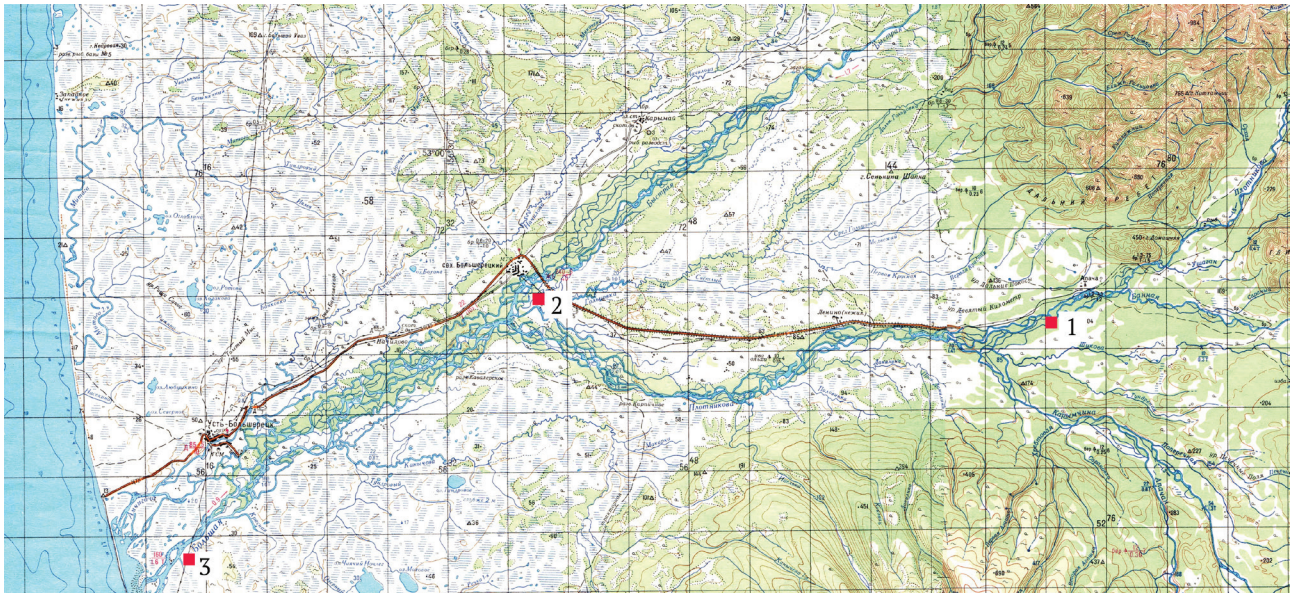


Рис. 1. Карта-схема станций сбора проб макрозообентоса в бассейне р. Большой в 2004–2016 гг.
Fig. 1. Schematic map of macrozoobenthos sampling stations in the Bolshaya River basin in 2004–2016

гравиметрически на аналитических весах CE224-C (Россия) с точностью до 0,1 мг. Затем липиды подвергали омылению, ЖК переводили в форму метиловых эфиров и проводили их очистку с помощью препаративной тонкослойной хроматографии в бензоле (Carreau, Dubacq, 1978). Метиловые эфиры ЖК анализировали методом газожидкостной хроматографии на хроматографе “Shimadzu GC-16A” (Япония) с пламенно-ионизационным детектором, снабженным капиллярной колонкой (30 м × 0,35 мм) с фазой Supelcowax-10, при температуре 190 °C. Жирные кислоты идентифицировали по индексам Ковача (Christie, 1988). Концентрацию ЖК рассчитывали с помощью базы обработки данных C-R4A Chromatopac.

Сбор гидрохимических проб проводили в нижнем течении р. Большой весной (в мае) 2005–2016 гг. Пробы воды анализировали на содержание общего азота и фосфора стандартными методами (Руководство.., 1973; Справочник.., 1991). Концентрацию общего азота устанавливали после окисления персульфатом калия при нагревании в щелочной среде. Азот, содержащийся в органических и неорганических соединениях, в результате реакции превращается в нитраты, которые далее восстанавливают омедненным металлическим кадмием до нитритов с последующим определением последних по цветной реакции с реактивом Грисса фотометрическим методом на спектрофотометре UV-mini-1240 (Япония). Концентрацию общего фосфора устанавливали после окисления персульфатом калия при нагревании в кислой среде. Полученные ортофосфаты определяли при образовании молибдофосфорной гетерополикислоты, которая восстанавливается аскорбиновой кислотой до интенсивно окрашенной молибденовой сини фотометрическим методом.

Данные о количестве производителей тихоокеанских лососей, зашедших на нерест в бассейн р. Большой, получены в результате выполнения авиаучетных работ и любезно предоставлены сотрудниками лаборатории лососевых видов рыб Камчатского филиала ФГБНУ «ВНИРО».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Хорошо известно, что основным фактором, определяющим спектр ЖК липидов организмов макрозообентоса, как и всех животных, является состав ЖК потребляемой ими пищи (Torres-Ruiz et al., 2010; Kelly, Scheibling, 2012; Makhutova et al., 2016). В настоящее время для выявления трофических связей гидробионтов активно используют метод биомаркерных ЖК, основанный на наличии специфических ЖК у их различных объектов питания. Основу питания бентосных беспозвоночных составляют фитопланктон, бактериопланктон и детрит (Монаков, 1998). Биомаркерные ЖК этих кормовых объектов пресноводноводного макрозообентоса по литературным данным представлены в таблице 1.

Необходимо отметить, что метод биомаркерных ЖК, в отличие от классического метода определения спектров питания путем анализа содержимого желудочно-кишечного тракта гидробионтов, учитывает уже ассимилированное органическое вещество и позволяет получить информацию о рационе организма за достаточно продолжительный период времени (Napolitano, 1999; Makhutova et al., 2016). Этот метод был использован в нашей работе для установления источников питания макрозообентоса в бассейне р. Большой.

Весной (апрель–май) исследовали биохимические показатели у массовых видов личинок амфибиотических насекомых: хирономид (*Pagastia orientalis*, *Micropsectra gr. praecox, Orthocladius* sp.), веснянок (*Arcynopteryx* sp., *Taenionema japonicum*), поденок (*Ephemerella aurivilli*) и ручейников (*Apatania* sp.). В этот период содержание общих липидов в теле беспозвоночных находилось в пределах 12,2–26,3% от сухой массы тела (табл. 2).

Таблица 1. Биомаркерные ЖК объектов питания пресноводного макрозообентоса по литературным данным
Table 1. Biomarker FAs of freshwater macrozoobenthos forage objects according to literature data

Объект питания Forage object	Биомаркерные ЖК Biomarkes FAs	Источник данных Data source
Диатомовые водоросли Diatoms	16:1ω-7, 16:4ω-1, 16:2ω-4, 16:3ω-4, 20:5ω-3	Ahlgren et al., 1990; Napolitano, 1999
Сине-зеленые и зеленые водоросли Blue-green and green algae	16:2ω-6, 16:3ω-3, 16:4ω-3, 18:2ω-6, 18:3ω-3, 18:3ω-6, 18:1ω-9	Ahlgren et al., 1990; Napolitano, 1999
Бактериопланктон Bacterioplankton	13:0, 15:0, изо-15:0, антеизо-15:0, 17:0, изо-17:0, антеизо-17:0, 18:1ω-7	Shaw, 1974; Napolitano, 1999
Доминирование детрита в питании Detritus dominance in the diet	18:1ω-7/18:1ω-9≥1	Ghioni et al., 1996

Наибольшее значение этого показателя отмечено у личинок хирономид, а наименьшее — у поденок. В составе ЖК общих липидов у бентосных организмов уровень ЖК-маркеров диатомовых водорослей составлял 32,8–38,9% от суммы всех ЖК, сине-зеленых и зеленых водорослей — 13,4–27,2%, бактериопланктона — 3,9–8,7%, соотношение ЖК-маркеров детрита — 0,10–0,73 (табл. 3).

Весной в пресноводных водоемах происходит активное развитие диатомовых водорослей и их интенсивное потребление зообентосом. По литературным данным, диатомовые водоросли являются достаточно калорийным кормом, они содержат в сухом веществе 14,0–18,0% липидов (Ahlgren et al., 1990). По составу ЖК диатомовые водоросли представляют более ценный источник пищи для беспозвоночных, чем сине-зеленые и зеленые водоросли, так как являются источником полиненасыщенной эйкозапентаеновой кислоты (20:5ω-3), которая играет важную роль в процессах адаптации гидробионтов к условиям окружающей среды (Сущик, 2008). Сине-зеленые и зеленые водо-

Таблица 2. Содержание общих липидов в теле личинок амфибиотических насекомых в р. Большой в разные сезоны 2014 г. (в % от от сухой массы тела)
Table 2. Content of total lipids in the bodies of amphibiotic insects in the Bolshaya River in different seasons in 2014 (in % of the dry body weight)

Таксон / Taxon	Весна / Spring	Лето / Summer	Осень / Fall
Chironomidae	15,6–26,3	14,5–18,8	21,2–24,8
Plecoptera	16,1–20,5	15,3–18,6	18,3–27,3
Ephemeroptera	12,2–20,3	11,0–18,3	16,7–22,1
Trichoptera	16,1–22,1	12,9–17,5	20,4–25,4

Таблица 3. Содержание ЖК-маркеров фитопланктона, бактериопланктона и детрита в теле личинок амфибиотических насекомых в р. Большой в разные сезоны 2014 г. (в % от суммы всех ЖК)
Table 3. Content of FA markers of phytoplankton, bacterioplankton, and detritus in the body of larvae of amphibiotic insects in the Bolshaya River in different seasons of 2014 (in % of the sum of all FAs)

Таксон / Taxon	Весна / Spring	Лето / Summer	Осень / Fall
∑ ЖК-маркеров диатомовых водорослей ∑ FA-markers of diatoms (16:1ω-7+16:4ω-1+16:2ω-4+16:3ω-4+20:5ω-3)			
Chironomidae	38,9	35,0	45,4
Plecoptera	32,8	30,4	36,1
Ephemeroptera	34,5	31,0	36,2
Trichoptera	35,1	28,1	38,1
∑ ЖК-маркеров сине-зеленых и зеленых водорослей ∑ FA-markers of blue-green and green algae (16:2ω-6+16:3ω-3+16:4ω-3+18:2ω-6+18:3ω-3+18:3ω-6+18:1ω-9)			
Chironomidae	13,4	20,4	15,7
Plecoptera	22,9	27,4	24,6
Ephemeroptera	17,7	25,6	20,5
Trichoptera	27,2	33,2	26,6
∑ ЖК-маркеров бактериопланктона ∑ FA-markers of bacterioplankton (13:0+15:0+i-15:0+ai-15:0+17:0+ i-17:0+ai-17:0+18:1ω-7)			
Chironomidae	5,9	3,5	7,9
Plecoptera	3,9	6,8	5,7
Ephemeroptera	8,7	6,6	5,0
Trichoptera	4,2	3,3	4,3
Соотношение ЖК-маркеров детрита Ratio of FA-markers of denritus (18:1ω-7/18:1ω-9)			
Chironomidae	0,58	0,51	0,69
Plecoptera	0,10	0,50	0,30
Ephemeroptera	0,73	0,50	0,32
Trichoptera	0,12	0,17	0,15
∑ МНЖК-маркеров морской органики ∑ MSFA-markers of marine organics (20:1ω-11+20:1ω-9+20:1ω-7)			
Chironomidae	0,7	1,4	4,2
Plecoptera	0,5	1,2	0,3
Ephemeroptera	0,3	0,4	0,3
Trichoptera	0,3	0,3	0,1
∑ МНЖК-маркеров морской органики ∑ MSFA-markers of marine organics (22:1ω-11+22:1ω-9)			
Chironomidae	–	1,3	1,3
Plecoptera	–	0,9	–
Ephemeroptera	–	–	–
Trichoptera	–	–	–

росли по составу ЖК считаются кормовыми объектами более низкого качества, но они представляют ценность как источник линолевой (18:2ω-6) и линоленовой (18:3ω-3) кислот, необходимых для роста и развития молоди лососей в пресноводный период жизни (Thongrod et al., 1990). В весенний период доля ЖК-маркеров диатомовых водорослей была выше у личинок хирономид (38,9% от суммы всех ЖК), сине-зеленых и зеленых водорослей — у ручейников (27,2%), бактериопланктона (8,7%) и соотношения ЖК-маркеров детрита (0,73) — у поденок. Полученные результаты подтверждали литературные данные о специфичности питания различных таксономических групп амфибиотических насекомых, которые были установлены как методом анализа содержимого их кишечного тракта (Монаков, 1998), так и методом биомаркерных ЖК (Makhutova et al., 2016; Кормилец, 2019).

В течение сезонов происходит смена одних доминирующих видов таксономических групп макрозообентоса другими. Летом (июнь–август) исследовали биохимические показатели у личинок хирономид (*Pagastia orientalis*, *Orthocladius* sp.*, Diamesa gregsoni*, *Micropsectra praecox*), веснянок (*Diura majuscula*, *Arcynopteryx* sp.*)*, поденок *(Ameletus* sp., *Ephemerella aurivilli)*, ручейников (*Apatania* sp., *Glossosoma* sp.). В этот период происходило снижение содержания липидов у организмов зообентоса до 11,0–18,8% от сухой массы тела. Необходимо отметить, что в летнее время с повышением температуры воды происходит интенсификация роста личинок амфибиотических насекомых с последующим их метаморфозом в куколок и имаго. В составе ЖК общих липидов у беспозвоночных уровень ЖК-маркеров диатомовых водорослей составлял 28,1–35,0% от суммы всех ЖК, сине-зеленых и зеленых водорослей — 20,4–33,2%, бактериопланктона — 3,3–6,8%, соотношение ЖК-маркеров детрита — 0,17–0,51. Эти данные свидетельствовали о том, что летом, по сравнению с весной, в теле организмов зообентоса происходит в основном снижение содержания ЖК-маркеров диатомовых водорослей с одновременным увеличением ЖК-маркеров сине-зеленых и зеленых водорослей.

В августе в теле личинок хирономид (*Pagastia orientalis*) и веснянок (*Arcynopteryx* sp.), обитающих в нижнем течении р. Большой, было обнаружено повышение доли мононенасыщенных ЖК (МНЖК) с 20 атомами углерода (20:1ω-11, 20:1ω-9, 20:1ω-7) до 1,2–1,4% (от суммы всех ЖК) и появление МНЖК с 22 атомами углерода (22:1ω-11, 22:1ω-9) до 0,9–1,3% — маркеров липидов морского происхождения (табл. 3). Следует отметить, что у данных организмов в предыдущие месяцы уровень МНЖК с 20 атомами углерода был значительно ниже (0,5–0,7%), а МНЖК с 22 атомами углерода отсутствовали вообще. По литературным данным, у пресноводного зообентоса могут синтезироваться только МНЖК с 20 атомами углерода в небольших количествах, а МНЖК с 22 атомами углерода — нет (Smith et al., 1996; Makhutova et al., 2016). Последние кислоты являются специфическими, поскольку присутствуют только у морских организмов. МНЖК с 20–22 атомами углерода обнаружены в больших количествах (>50%) у морских ракообразных — копепод (Pascal, Ackman, 1976). Высокое накопление МНЖК $C_{20–22}$ (20,0–28,0%) характерно для мышечной ткани производителей тихоокеанских лососей из-за питания ракообразными в морской период жизни (Ромашина и др., 1997; Гладышев и др., 2010). Установлено, что эти кислоты выполняют роль энергетических источников в организме морских рыб (Мурзина и др., 2012, Кальченко и др., 2013). Повышение содержания МНЖК с 20 атомами углерода (20:1ω-11, 20:1ω-9, 20:1ω-7) и появление МНЖК с 22 атомами углерода (22:1ω-11, 22:1ω-9) в теле пресноводных организмов является индикатором включения органического вещества морского происхождения в их спектры питания в летний период. Органическое вещество морского происхождения может присутствовать в речной экосистеме в виде сненки (разлагающихся тел отнерестовавших производителей лососей) в летне-осенний период. В результате биохимических анализов, проведенных нами, было выяснено, что сненка горбуши в зависимости от стадии разложения содержит общих липидов до 7,1–10,0% от сухой массы мышечной ткани, и в них доля МНЖК C_{20-22} достигает 8,2–17,7% от суммы всех ЖК. По литературным данным, в липидах сненки кеты уровень МНЖК C_{20-22} составляет 11,4% (Heintz et al., 2010).

Осенью (сентябрь–октябрь) исследовали биохимические показатели у личинок хирономид (*Pagastia orientalis*), веснянок (*Suwallia* sp., *Arcynopteryx* sp., *Taenionema japonicum*), поденок (*Ephemerella aurivilli*) и ручейников (*Apatania* sp.). В этот период, по сравнению с летним, содержание липидов в теле бентосных организмов повышалось до 16,7–27,3%. В составе ЖК общих липидов у личинок амфибиотических насеко-

мых уровень ЖК-маркеров диатомовых водорослей составлял 36,1–45,4% от суммы всех ЖК, сине-зеленых и зеленых водорослей — 15,7–26,6%, бактериопланктона — 4,3–7,9%, соотношение ЖК-маркеров детрита — 0,15–0,69. Таким образом, осенью в теле бентосных организмов происходило повышение содержания ЖК-маркеров диатомовых водорослей и бактериопланктона, но снижение — ЖК-маркеров сине-зеленых и зеленых водорослей. В сентябре у личинок хирономид (*Pagastia orientalis*), обитающих в нижнем течении р. Большой, доля МНЖК с 20 атомами углерода (20:1ω-11, 20:1ω-9, 20:1ω-7) составляла 4,2%, а МНЖК с 22 атомами углерода (22:1ω-11, 22:1ω-9, 22:1ω-13) — 1,3%. Последнее обстоятельство свидетельствовало о включении органического вещества сненки в их спектры питания в осенний период.

О факте включения органического вещества морского происхождения в трофические сети лососевых рек указывают и другие исследователи. К.В. Кузищин с соавторами (2010, 2012) сообщают, что они с помощью метода стабильных изотопов обнаружили осенью (в сентябре) высокое содержание углерода морского происхождения (^{13}C) в личинках ручейников и молоди кижуча в р. Коль (Западная Камчатка). По их наблюдениям, на поверхности сненки в начальной стадии разложения (на 4–6 день после гибели рыбы) часто присутствуют личинки ручейников и хирономид, однако они быстро покидают труп по мере образования толстой бактериальной пленки на его поверхности, обычно это происходит на 7–8 день после гибели рыбы. По данным американских ученых Випфли и Бакстер (Wipfli, Baxter, 2010), зообентосные организмы в реках Аляски поедают сненку, которая имеет более высокую питательную ценность и усвояемость по сравнению с другими источниками пищи, что способствует увеличению их скорости роста и биомассы. Они отмечают, что в присутствии сненки масса беспозвоночных увеличивается до 25 раз. Хейнтс с соавторами (Heintz et al., 2010) исследовали влияние сненки кеты на качественные показатели личинок амфибиотических насекомых и молоди кижуча в условиях эксперимента в реке Шип Крик (Аляска) с конца июля до начала сентября (в течение 6 недель). Они установили, что у данных гидробионтов в присутствии сненки возрастали скорость роста, содержание липидов в теле и происходили изменения в составе ЖК. У молоди кижуча, личинок хирономид (Chironomidae) и веснянок (*Zapada* sp.) были обнаружены ЖК морского происхождения (22:1ω-11, 22:1ω-9), что свидетельствовало об их питании сненкой. Однако такие изменения не происходили в составе ЖК у личинок поденок (*Baetis* sp.) в эксперименте. Это обстоятельство исследователи объясняют тем, что поденки не питались сненкой и скорее всего будут получать эффект от морских биогенов опосредованно через трофические цепи.

Массовое разложение сненки на нерестилищах бассейна р. Большой происходит в осеннее время и частично зимой (Введенская и др., 2006). В результате экспериментальных работ по изучению времени разложения трупов после гибели производителей лососей было выяснено следующее. На нерестилищах оз. Курильского и его притоках, а также в реках Утхолок и Коль мягкие ткани рыб разлагаются в течение 1–3 месяцев после постнерестовой гибели, тогда как скелет может сохраняться год и более (Лепская, Кучерявый, 2011). В результате разложения трупов тихоокеанских лососей биогены морского происхождения попадают в грунтовые воды, что ведет к повышению содержания азота и фосфора в реке (Введенская и др., 2006; Кузищин и др., 2012, Походина и др., 2017). Осенью, зимой и весной происходит их медленное поступление в русло реки и постепенное включение в пресноводные пищевые сети. В работе М.А. Походиной с соавторами (2017) была проанализирована межгодовая динамика уровня валового фосфора и азота в нижнем течении р. Большой за 11 лет (2005–2016 гг.). Выяснено, что содержание биогенов в воде соответствует численности зашедших в реку на нерест рыб. В четные годы концентрация азота и фосфора в речной экосистеме существенно выше, чем в нечетные. Ранее такая закономерность в содержании биогенов была установлена для рр. Коль и Кехта (Западная Камчатка) в работе К.В. Кузищина с соавторами (2012). Эти исследователи также утверждают, что в результате многочисленных заходов производителей тихоокеанских лососей происходит фертилизация пресноводной экосистемы лососевой реки на длительный срок, и тем самым обеспечивается ее высокая продуктивность. Биогены, накопленные в реке после многочисленного поколения горбуши, продолжают поддерживать продуктивность русловых вод еще и на следующий год. По их данным, после многочисленных подходов западнокамчатской горбуши весной следующего года суммарное содержание валового азота и фосфора выше,

чем после малочисленных. В результате гидрохимических исследований, проведенных нами, было установлено, что после многочисленных подходов производителей тихоокеанских лососей весной следующего года (в мае) уровень валового азота в нижнем течении р. Большой в 1,3–2,5 раза выше, чем после малочисленных. За период наблюдений с 2005 г. по 2016 г. наибольшая концентрация валового азота отмечена весной 2013 г., составив 1128 мкг/л, а наименьшая — весной 2006 г. (426 мкг/л). Биомасса производителей тихоокеанских лососей, зашедших на нерест в р. Большую в смежные 2012 г. и 2005 г., составляла соответственно 5961 т и 498 т (рис. 2).

Содержание азота и фосфора в воде оказывает влияние на рост биомассы водорослей — первичных продуцентов, являющихся основой кормовой базы для макрозообентоса.

В результате многолетних исследований, проведенных нами, было установлено, что морские биогены, поступившие в результате нерестового захода тихоокеанских лососей в бассейн р. Большой, опосредованно через трофические цепи (фитопланктон, бактериопланктон и детрит) оказывают влияние на качественные показатели беспозвоночных на протяжении длительного времени.

После многочисленных подходов производителей западнокамчатской горбуши, весной следующего года масса тела у личинок ручейников (*Apatania* sp.) в основном превышала таковую в годы после малочисленных подходов. Так, наибольшая масса тела у личинок ручейников (15,3 мг) была отмечена в мае 2005 г., то есть на следующий год после четного года, а наименьшая (0,3 мг) — в 2004 г., то есть на следующий год после нечетного года (рис. 3).

Из этих данных следует, что сырая масса тела ручейников может увеличиваться в 50 раз за счет большего поступления морских биогенов в речную экосистему. Для сравнения необходимо привести биомассу производителей тихоокеанских лососей, зашедших на нерест в р. Большую в смежные 2004 г. и 2003 г., которая составила соответственно 11 656 т и 2875 т. В пе-

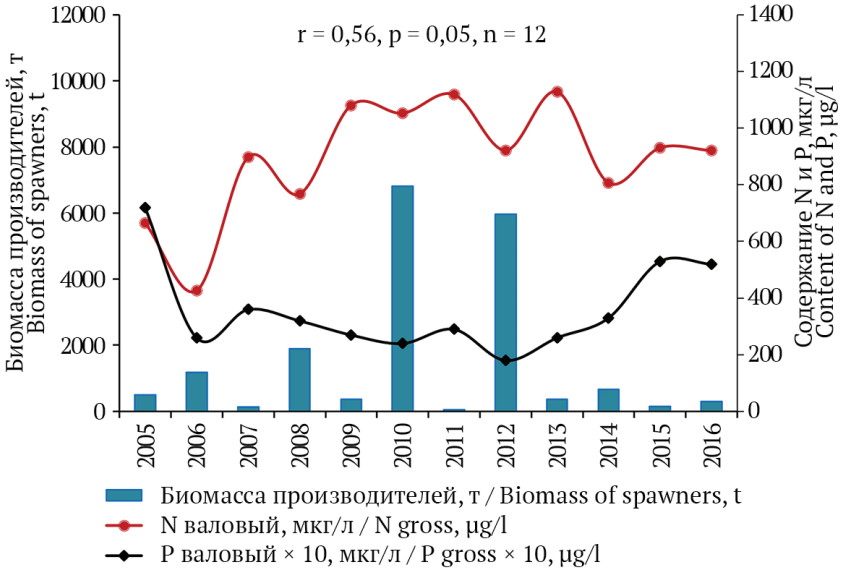


Рис. 2. Межгодовая динамика содержания валового фосфора (P вал.) и азота (N вал.) в нижнем течении р. Большой весной (май) и биомассы производителей тихоокеанских лососей в 2005–2016 гг.
Fig. 2. Inter-annual dynamics of gross phosphorus (P gross) and nitrogen (N gross) content in the lower reaches of the Bolshaya River in spring (May) and biomass of Pacific salmon spawners in 2005–2016

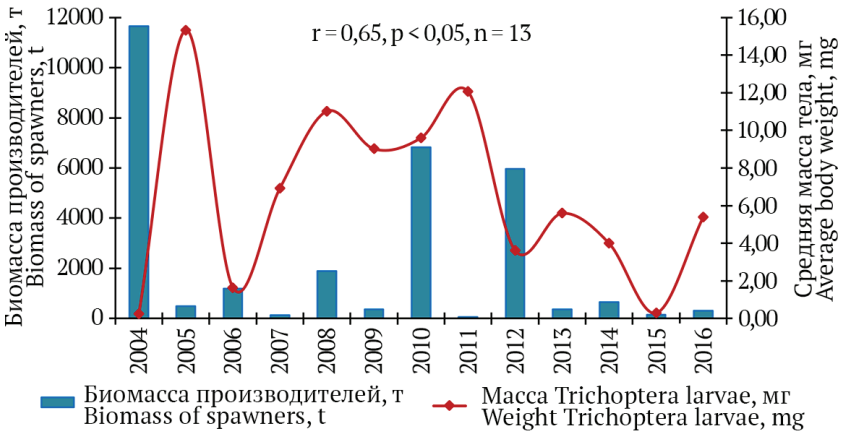


Рис. 3. Межгодовая динамика массы тела личинок ручейников (*Apatania* sp.) весной (май) и биомассы производителей тихоокеанских лососей в р. Большой в 2004–2016 гг.
Fig. 3. Inter-annual dynamics of the body weight of caddis fly (*Apatania* sp.) larvae in spring (May) and the biomass of Pacific salmon spawners in the Bolshaya River in 2004–2016

риод проведения биохимических исследований в 2012–2016 гг. наибольшая масса тела у личинок ручейников, равная 5,6 мг, была отмечена весной 2013 г., то есть на следующий год после многочисленных подходов производителей. Необходимо отметить, что помимо биогенов на качественные показатели бентосных организмов оказывают влияние гидрологические условия в водоеме, и их необходимо принимать во внимание. Так, например, значительное повышение массы тела ручейников весной 2016 г. (на следующий год после малочисленных заходов производителей) обусловлено более высокой температурой воды при их развитии, чем в предыдущие годы. В доказательство этого представлен график температуры и уровня воды в нижнем течении р. Большой в мае 2005–2016 гг. (рис. 4).

После многочисленных подходов производителей западнокамчатской горбуши, весной (в апреле–мае) следующего года содержание липидов в теле личинок хирономид, веснянок, поденок и ручейников превышало аналогичный показатель в годы после малочисленных подходов. Последнее обстоятельство указывало на их лучшую пищевую обеспеченность и повышение энергетической ценности для молоди лососей. Наибольшее количество липидов у личинок амфибиотических насекомых (24,2–30,0% от сухой массы тела) отмечено весной 2013 г., то есть на следующий год после многочисленных подходов производителей, а наименьшее (15,3–20,0%) — в 2012 г., то есть на следующий год после малочисленных подходов (рис. 5).

Биомасса производителей тихоокеанских лососей, зашедших на нерест в р. Большую в смежные 2012 г. и 2011 г., составляла соответственно 5961 т и 51 т.

В составе ЖК общих липидов у организмов зообентоса был наибольший уровень ЖК-маркеров диатомовых водорослей весной 2013 г., он составлял 36,5–54,8% от суммы всех ЖК, а наименьший (20,0–35,9%) — в 2012 г. (рис. 6).

Так, например, в 2013 г. у личинок хирономид (*Orthocladius* sp.) отмечали увеличение в два раза доли таких ЖК-маркеров диатомовых водорослей, как 16:2ω-4 и 20:5ω-3, что свидетельствовало о повышении потребления данного источника пищи. Одновременно с этим у них происходило снижение содержания таких ЖК-маркеров сине-зеленых и зеленых водорослей, как 18:2ω-6 и 18:3ω-3 (рис. 7).

Прослеживали тенденцию увеличения соотношения ЖК-маркеров детрита (18:1ω-7/18:1ω-9) у личинок амфибиотических насекомых на следующие годы после многочисленных подходов производителей тихоокеанских лососей. Так, наибольшее значение соотношения 18:1ω-7/18:1ω-9, равное 0,14–0,95, отмечено весной 2013 г., а наименьшее (0,10–0,65) — в 2012 г. (рис. 6). Полученные данные указывали на повышение потребления диатомовых водорослей и детрита организмами зообентоса на следующие годы после многочисленных подходов западнокамчатской горбуши, а сине-зеленых и зеленых водорослей, бактериопланктона — после малочисленных подходов. Выявленные изменения в содержании и составе липидов в теле беспозвоночных отра-

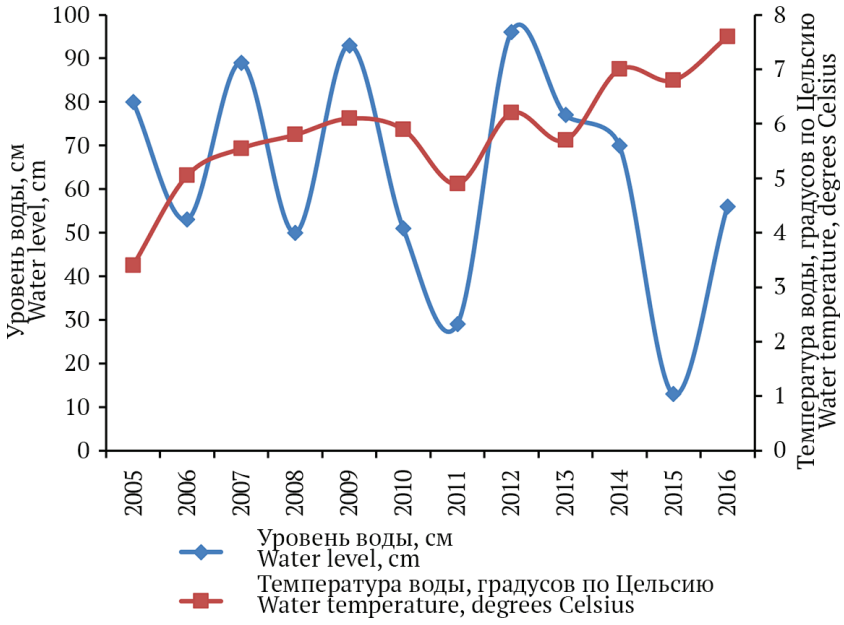


Рис. 4. Межгодовая динамика температуры и уровня воды в р. Большой весной (май) в 2004–2016 гг.
Fig. 4. Interannual dynamics of water temperature and level in the Bolshaya River in spring (May) in 2004–2016

жали изменения качества их кормовой базы в зависимости от количества привнесенных морских биогенов. Высокие заходы производителей тихоокеанских лососей на нерест в бассейн р. Большой обеспечивают большее поступление морских биогенов, которые в свою очередь способствуют улучшению трофических условий обитания пресноводного макрозообентоса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе с помощью метода биомаркерных ЖК проанализированы источники питания организмов макрозообентоса в бассейне р. Большой. Выяснено, что благодаря нерестовым заходам тихоокеанских лососей они могут получать биогены морского происхождения как за счет прямого потребления сненки в летне-осенний период, так и опосредованно через трофические цепи (фитопланктон, бактериопланктон и детрит) на протяжении длительного времени (до весны следующего года). Показано влияние величины нерестовых заходов тихоокеанских лососей в бассейн р. Большой на качественные показатели беспозвоночных. После многочисленных подходов производителей западнокамчатской горбуши, весной следующего года у личинок амфибиотических насекомых отмечены более высокие показатели массы тела, содержания липидов и уровней ЖК-маркеров диатомовых водорослей и детрита по сравнению с таковыми в годы после малочисленных подходов. Полученные результаты указывают на улучшение трофических условий обитания организмов макрозообентоса и повышение их кормовой ценности для молоди рыб в связи с поступлением большего количества морских биогенов. Анализ собственных и литературных данных показал, что в результате многочисленных заходов производителей тихоокеанских лососей происходит фертилизация олиготрофной речной экосистемы на длительный срок. Для поддержания и сохранения высокой продуктивности экосистем лососевых рек Камчатки следует уделять внимание величине пропуска производителей тихоокеанских лососей на нерестилища.

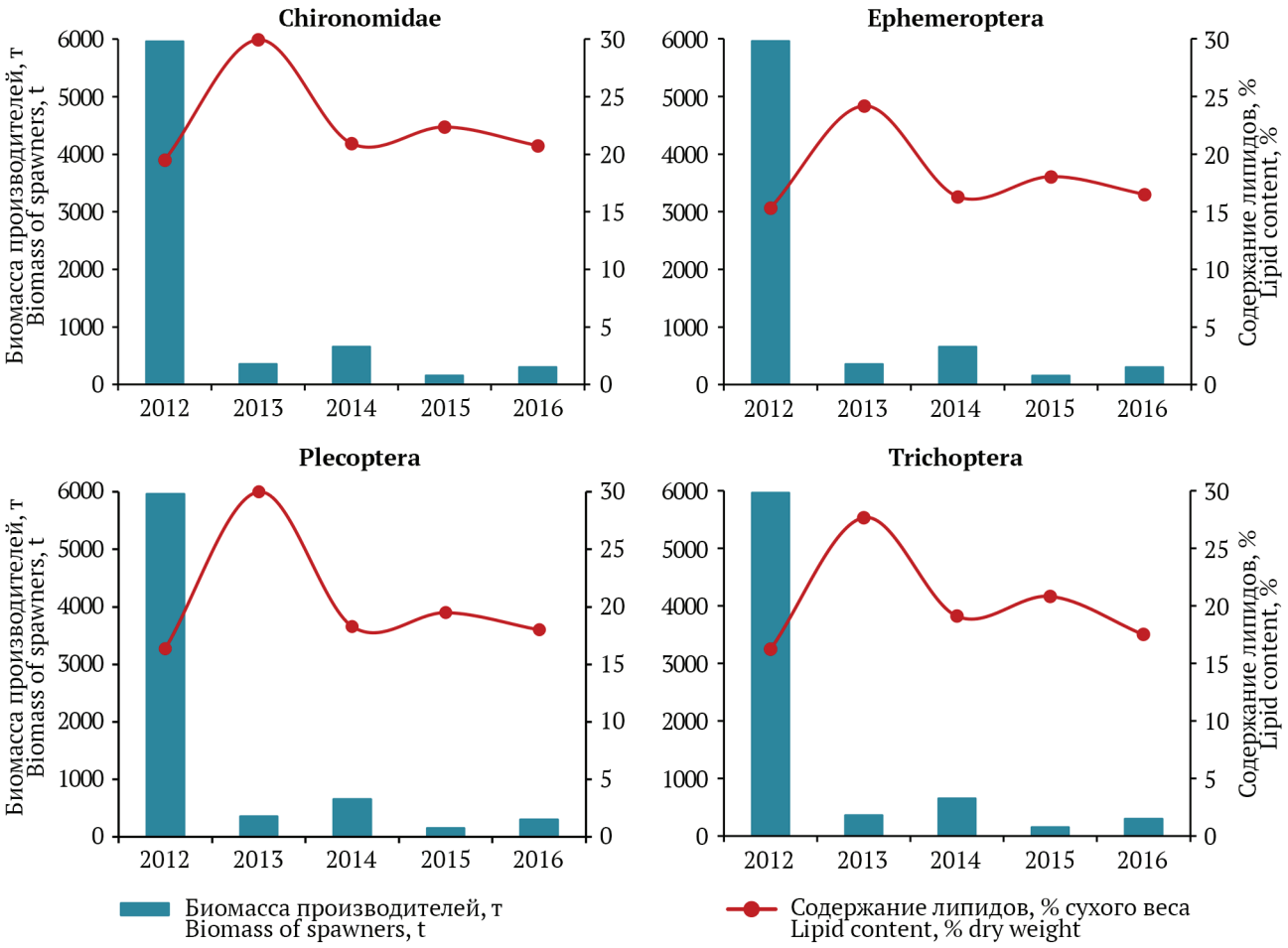


Рис. 5. Межгодовая динамика содержания липидов у личинок амфибиотических насекомых весной (апрель–май) и биомассы производителей тихоокеанских лососей в р. Большой в 2012–2016 гг.
Fig. 5. Interannual dynamics of lipid content in amphibiotic insect larvae in spring (April–May) and biomass of Pacific salmon spawners in the Bolshaya River in 2012–2016

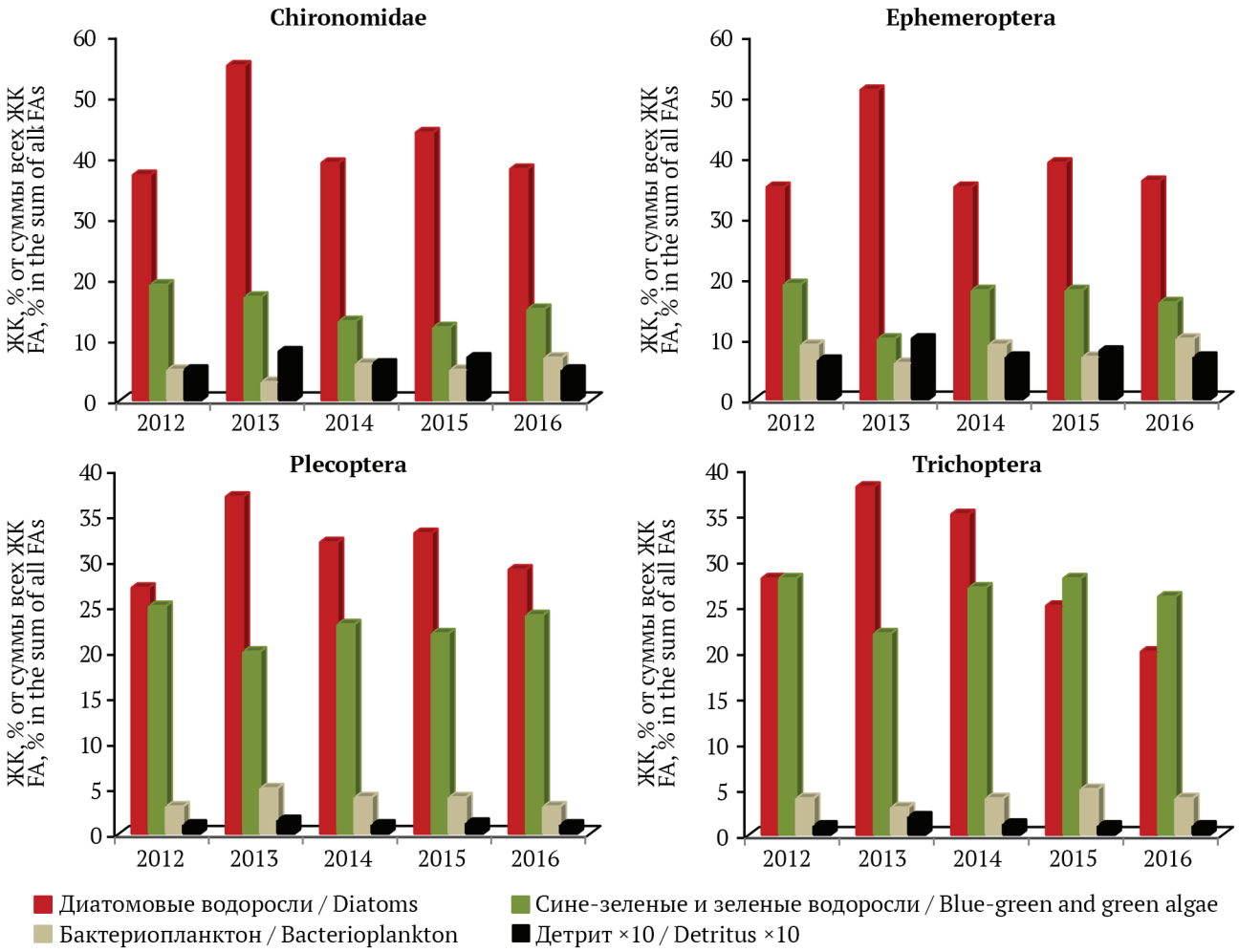


Рис. 6. Межгодовая динамика содержания ЖК-маркеров фитопланктона, бактериопланктона и детрита у личинок амфибиотических насекомых в р. Большой весной в 2012–2016 гг.
Fig. 6. Interannual dynamics of the content of FA markers of phytoplankton, bacterioplankton, and detritus in larvae of amphibiotic insects in the Bolshaya River in spring 2012–2016

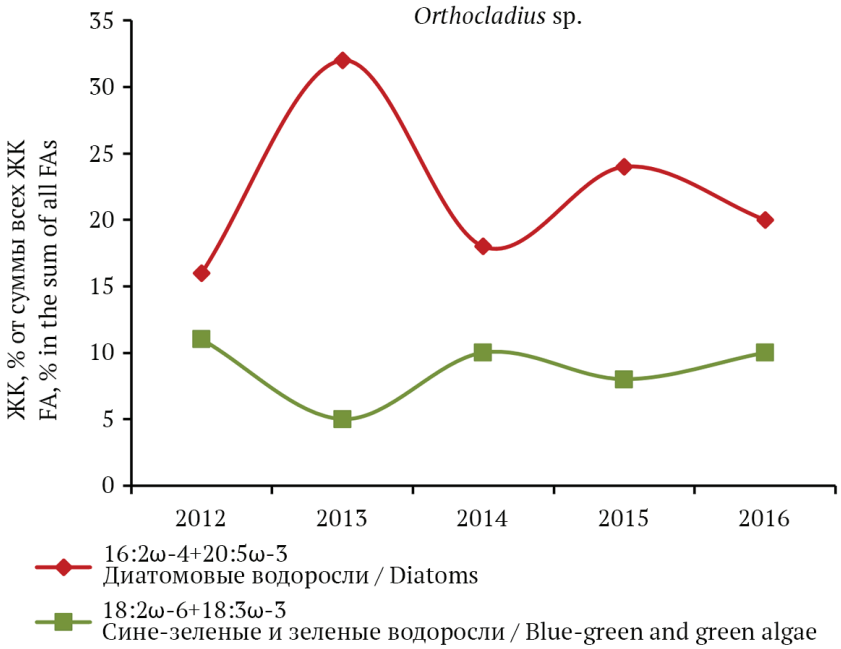


Рис. 7. Доля ЖК-маркеров диатомовых водорослей (16:2ω-4+20:5ω-3) и сине-зеленых и зеленых водорослей (18:2ω-6+18:3ω-3) у личинок хирономид (*Orthocladius* sp.) в р. Большой весной в 2012–2016 гг.
Fig. 7. Proportion of FA markers of diatoms (16:2ω-4+20:5ω-3) and blue-green and green algae (18:2ω-6+18:3ω-3) in chironomid larvae (*Orthocladius* sp.) in the Bolshaya River in spring 2012–2016

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Введенская Т.Л., Уколова Т.К., Свириденко В.Д. 2006. Гидрохимическая характеристика реки Большая (Камчатка) // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 8. С. 158–165.

Гладышев М.И., Лепская Е.В., Сущик Н.Н., Махутова О.Н., Калачева Г.С. 2010. Различия жирнокислотного состава покатной молоди и вернувшихся из моря взрослых особей нерки // Доклады Академии наук. Т. 430, № 4. С. 548–551.

Кальченко Е.И., Климов А.В., Ерохин В.Г., Шершнева В.И., Морозова А.В., Юрьева М.И. 2013. Динамика состава жирных кислот молоди кеты и горбуши в процессе осенне-зимних морских и океанических миграций // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 30. С. 89–99.

Кормилец О.Н. 2019. Жирные кислоты в трофических сетях экосистем внутренних вод // Автореф. дис. … докт. биол. наук. Красноярск: Институт биофизики Сибирского отделения РАН. 40 с.

Кузищин К.В., Груздева М.А., Павлов Д.С., Малютина А.М., Кучерявый А.В., Стэнфорд Д.А., Эллис Б.К. 2010. Опыт применения метода стабильных изотопов $\delta^{15}N$ и $\delta^{13}C$ для изучения трофической структуры и продуктивности экосистем лососевых рек Камчатки / Матер. XI Междунар. науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 24–25 ноября 2010 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 132–135.

Кузищин К.В., Груздева М.А., Стэнфорд Д.А., Моррис М.П. 2012. Особенности процессов рассеивания и деструкции трупов тихоокеанских лососей в речной системе. К вопросу о значении биогенов морского происхождения для функционирования экосистем лососевых рек Камчатки / Матер. XIII Междунар. науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 14–15 ноября 2012 г.). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 136–140.

Лепская Е.В., Кучерявый А.В. 2011. Динамика вымывания фосфора и некоторых металлов из костей постнерестовой нерки в речном и озерном биотопах оз. Курильского (Камчатка) // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Вып. 5. С. 293–299.

Макарченко Е.А. 1985. Хирономиды Дальнего Востока СССР. Владивосток: БПИ ДВНЦ АН СССР. 210 с.

Методические рекомендации по сбору и определению зообентоса при гидробиологических исследованиях водотоков Дальнего Востока России. 2003. М.: ВНИРО. 52 с.

Монаков А.В. 1998. Питание пресноводных беспозвоночных. М.: Россельхозакадемия. 318 с.

Мурзина С.А., Нефедова З.А., Немова Н.Н. 2012. Влияние жирных кислот (маркеров пищевых источников рыб) на механизмы адаптации в условиях высоких широт (Обзор) // Тр. Карельского науч. центра РАН. Петрозаводск. № 2. С. 18–25.

Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. 1999. Под ред. С.Я. Цалолихина. Санкт-Петербург: Наука РАН. Т. 4. 1000 с.

Походина М.А., Травина Т.Н., Свириденко В.Д., Русанова В.А. 2017. Межгодовая изменчивость содержания в воде р. Большой (Камчатка) биогенных элементов (фосфор и азот) в зависимости от гидрологических условий, а также состава и количества заходящих в реку тихоокеанских лососей / Сб. матер. Всерос. науч. конф. с междунар. участием «Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление», посвящ. 85-летию КамчатНИРО (3–26 октября 2017 г., Петропавловск-Камчатский). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 275–278.

Ромашина Н.А., Слуцкая Т.Н., Холоша О.А. 1997. Исследование липидов мышечной ткани тихоокеанских лососей в период нерестовой миграции // Изв. ТИНРО. Т. 120. С. 184–187.

Рудченко А.Е. 2018. Роль трофических факторов в формировании жирнокислотного состава рыб, обитающих в водоемах Красноярского края: Автореф. дис. … канд. биол. наук. Красноярск: Сибирский федер. ун-т. 24 с.

Руководство по химическому анализу вод суши. 1973. Под ред. О.А. Алекина. Л.: Гидрометеоиздат. 286 с.

Справочник гидрохимика: рыбное хозяйство. 1991. Под ред. В.В. Сапожникова. М.: Агропромиздат. 224 с.

Сущик Н.Н. 2008. Роль незаменимых жирных кислот в трофометаболических взаимодействиях в пресноводных экосистемах (обзор) // Журнал общей биологии. Т. 69. № 4. С. 184–187.

Шевляков Е.А., Дубынин В.А., Зорбиди Ж.Х., Заварина Л.О., Попова Т.А., Артюхина Н.Б., Горин С.Л., Коваль О.О. 2013. Современное состояние лососевого комплекса реки Большой (Западная Камчатка): воспроизводство, промысел, управление // Изв. ТИНРО. Т. 174. С. 3–37.

Ahlgren G., Lundstedt L., Brett M., Forsberg C. 1990. Lipid composition and food quality of some freshwater phytoplankton for cladoceran zooplankters // J. Plankton Res. Vol. 12. P. 809–818.

Carreau J.P., Dubacq J.P. 1978. Adaptation of macro-scale method to the micro-scale for fatty-acid methyl

transesterification of biological lipid extracts // J. Chromatograph. Vol. 151. No. 3. P. 384–390.
Christie W.W. 1988. Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gas-chromatography – a reappraisal // J. Cromatogr. A. Vol. 447. № 2. P. 305–314.
Folch J., Lees M., Sloane-Stanley G.H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues (for brain, liver and muscle) // J. Biol. Chem. Vol. 226. № 1. P. 497–509.
Ghioni C., Bell J.C., Sargent J.R. 1996. Polyunsaturated fatty acids in neutral lipids and phospholipids of some freshwater insects // Comp. Biochem. Physiol. Vol. 114B. P. 161–170.
Heintz R.A., Nelson B.D., Hudson J.P., Larsen M., Holland L., Wipfli M.S. 2004. Marine subsidies in freshwater: effects of salmon carcasses on lipid class and fatty acid composition of juvenile coho salmon // Transactions of the American Fisheries Society. 133. P. 559–567.
Heintz R.A., Wipfli M.S., Hudson J.P. 2010. Identification of marine-derived lipids in juvenile coho salmon and aquatic insects through fatty acid analysis // Transactions of the American Fisheries Society. 139. P. 840–854.
Kelly J.R., Scheibling R.E. 2012. Fatty acids as dietary tracers in benthic food webs // Marine Ecology Progress. Series 446. P. 1–22.
Makhutova O.N., Shulepina S.P., Sharapova T.A., Dubovskaya O.P., Sushchik N.N., Baturina M.A., Pryanichnikova E.G., Kalachova G.S., Gladyshev M.I. 2016. Content of polyunsaturated fatty acids essential for fish nutrition in zoobenthos species // Freswater Science. 35 (4). P. 1222–1234.
Napolitano G.E. 1999. Fatty acids as trophic and chemical markers in freshwater ecosystems / In: Lipids in freshwater ecosystems. Springer-Verlag, New York. P. 21–44.
Pascal J.C., Ackman R.G. 1976. Long chain monoethylenic alcohol and acid isomers in lipids of copepods and capelin // Chem. Phys. Lipids. Vol. 16. № 3. P. 219–223.
Shaw N. 1974. Lipid composition as a guide to the classification of bacteria // In: Advances in Applied Microbiology. London, New York: Acad. Press, Vol. 17. P. 63–108.
Smith R.J., Hobson K.A., Koopman H.N., Lavigne D.M. 1996. Distinguishing between populations of fresh and salt-water harbour seals (*Phoca vitulina*) using stable-isotope ratios and fatty acid profiles // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53. P. 272–279.
Thongrod J., Tareuchi T., Saton J., Watanabe T. 1990. Requirement of yamame *Oncorhynchus masou* for essential fatty acids // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. № 8. P. 1255–1269.
Torres-Ruiz M., Wehr J.D., Perrone A.A. 2010. Are netspinning caddisflies what they eat? An investigation using controlled diets and fatty acids // Journal of the North American Benthological Society. 29. P. 803–813.
Wipfli M.S., Baxter C.V. 2010. Linking ecosystems, food webs, and fish production: subsidies in salmonid watersheds // Fisheries. Vol. 35. № 8. P. 373–387.

REFERENCES

Vvedenskaya T.L., Ukolova T.K., Sviridenko V.D. Gydrochemical characterization of Bolshaya River, Kamchatka. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2006, vol. 8, pp. 158–165. (In Russian)
Gladyshev M.I., Lepskaya Ye.V., Sushchik N.N., Makhutova O.N., Kalacheva G.S. Differences in the fatty acid composition of downstream juveniles and adult sockeye salmon returned from the sea. *Doklady Akademii nauk*, 2010, vol. 430, no. 4, pp. 548–551. (In Russian)
Kalchenko E.I., Klimov A.V., Erokhin V.G., Shershneva V.I., Morozova A.V., Yureva M.I. Dynamics of the composition of fatty acids of juvenile chum and pink salmon in the course of autumn-winter seaward and oceanic migrations. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean*, 2013, vol. 30, pp. 89–99. (In Russian)
Kormilets O.N. 2019. *Zhirnyye kisloty v troficheskikh setyakh ekosistem vnutrennikh vod. Avtoref. Dis. dokt. biol. nauk* [Fatty acids in food webs of inland water ecosystems. Abstract of the thesis. dis. doc. Biol. Sciences]. Krasnoyarsk, 2019, 40 p.
Kuzishchin K.V., Gruzdeva M.A., Pavlov D.S., Malyutina A.M., Kucheryavyy A.V., Stenford D.A., Ellis B.K. Experience in using the method of stable isotopes $\delta^{15}N$ and $\delta^{13}C$ to study the trophic structure and productivity of ecosystems of salmon rivers in Kamchatka. Mater. XI Intern. scientific conf. *"Conservation of the biodiversity of Kamchatka and adjacent seas"* (Petropavlovsk-Kamchatsky, November 24–25, 2010). Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress, 2010, pp. 132–135. (In Russian)
Kuzishchin K.V., Gruzdeva M.A., Stenford D.A., Morris M.P. Features of the processes of dispersion and destruction of Pacific salmon carcasses in the river system. On the issue of the significance of biogens of marine origin for the functioning of the ecosystems of salmon rivers in Kamchatka. Ma-

ter. XIII Intern. scientific conf. *"Conservation of the biodiversity of Kamchatka and adjacent seas"* (Petropavlovsk-Kamchatsky, November 14–15, 2012). Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress, 2012, pp. 136–140. (In Russian)

Lepskaya Y.V., Kucheryavyy A.V. Dynamics of leaching of phosphorus and some metals from the bones of post-spawning sockeye salmon in the river and lake biotopes of the lake. *Chteniya pamyati V.Ya. Levanidova*, 2011, issue 5, pp. 293–299. (In Russian)

Makarchenko Ye.A. *Khironomidy Dalnego Vostoka SSSR* [Chironomids of the Far East of the USSR]. Vladivostok: BPI DVNTS AN SSSR, 1985, 210 p.

Metodicheskiye rekomendatsii po sboru i opredeleniyu zoobentosa pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh vodotokov Dalnego Vostoka Rossii [Guidelines for the collection and determination of zoobenthos during hydrobiological studies of watercourses in the Russian Far East]. Moscow: VNIRO, 2003, 52 p.

Monakov A.V. *Pitaniye presnovodnykh bespozvonochnykh* [Feeding of freshwater invertebrates]. Moscow: Rosselkhozakademiya, 1998, 318 p.

Murzina S.A., Nefedova Z.A., Nemova N.N. Influence of fatty acids (markers of food sources of fish) on the mechanisms of adaptation in high latitudes (Review). *Tr. Karelian scientific center of the Russian Academy of Sciences*, 2012, no. 2, pp. 18–25. (In Russian)

Tsalolikhin S.Ya. (Ed.) Opredelitel presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredelnykh territoriy [Key to freshwater invertebrates in Russia and adjacent territories]. Sankt-Peterburg: Nauka RAN, 1999, vol. 4, 1000 p.

Pokhodina M.A., Travina T.N., Sviridenko V.D., Rusanova V.A. Interannual variability of the content in the water of the river Bolshoy (Kamchatka) of biogenic elements (phosphorus and nitrogen) depending on hydrological conditions, as well as the composition and number of Pacific salmon entering the river. Sat. mater. Vseros. scientific conf. with international participation *"Water biological resources of Russia: state, monitoring, management"*, dedicated 85th anniversary of KamchatNIRO (October 3–26, 2017, Petropavlovsk-Kamchatsky). Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO, 2017, pp. 275–278. (In Russian)

Romashina N.A., Slutskaya T.N., Kholosha O.A. Study of lipids in muscle tissue of Pacific salmon during spawning migration. *Izvestya TINRO*, vol. 120, pp. 184–187. (In Russian)

Rudchenko A.Ye. *Rol troficheskikh faktorov v formirovanii zhirnokislotnogo sostava ryb, obitayushchikh v vodoyemakh Krasnoyarskogo kraya. Avtoref. dis. kand. biol. nauk. Krasnoyarsk* [The role of trophic factors in the formation of the fatty acid composition of fish living in the reservoirs of the Krasnoyarsk Territory: Abstract of the thesis. Dis. cand. biol. sciences]: Sibirskiy feder. un-t, 2018, 24 p.

Alekin O.A. (Ed.) *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu vod sushi* [Guide to the chemical analysis of land waters]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1973, 286 p.

Sapozhnikov V.V. (Ed.) *Spravochnik gidrokhimika: rybnoye khozyaystvo* [Handbook of a hydrochemist: fisheries], 1991. Moscow: Agropromizdat. 224 p.

Sushchik N.N. The role of essential fatty acids in trophometabolic interactions in freshwater ecosystems (review). *Journal of General Biology*, 2008, vol. 69, no. 4, pp. 184–187. (In Russian)

Shevlyakov E.A., Dubynin V.A., Zorbidi Zh.Kh., Zavarina L.O., Popova T.A., Artuhina N.B., Gorin S.L., Koval O.O. Modern state of salmon complex in the Bolshaya River (West Kamchatka): reproduction, fishery, management. *Izvestya TINRO*, vol. 174, pp. 3–37. (In Russian)

Ahlgren G., Lundstedt L., Brett M., Forsberg C. Lipid composition and food quality of some freshwater phytoplankton for cladoceran zooplankters. *J. Plankton Res.*, 1990, vol. 12, pp. 809–818.

Carreau J.P., Dubacq J.P. Adaptation of macro-scale method to the micro-scale for fatty-acid methyl transesterification of biological lipid extracts. *J. Chromatograph*, 1978, vol. 151, no. 3, pp. 384–390.

Christie W.W. Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gas-chromatography – a reappraisal. *J. Cromatograph*, 1988, vol. 447, no. 2, pp. 305–314.

Folch J., Lees M., Sloane-Stanley G.H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues (for brain, liver and muscle). *J. Biol. Chem.,* 1957, vol. 226, no. 1, pp. 497–509.

Ghioni C., Bell J.C., Sargent J.R. Polyunsaturated fatty acids in neutral lipids and phospholipids of some freshwater insects. Comp. Biochem. Physiol., 1996, vol. 114B, pp. 161–170.

Heintz R.A., Nelson B.D., Hudson J.P., Larsen M., Holland L., Wipfli M.S. Marine subsidies in freshwater: effects of salmon carcasses on lipid class and fatty acid composition of juvenile coho salmon. *Transactions of the American Fisheries Society*, 2004, vol. 133, pp. 559–567.

Heintz R.A., Wipfli M.S., Hudson J.P. Identification of marine-derived lipids in juvenile coho salmon and aquatic insects through fatty acid analysis. *Transactions of the American Fisheries Society*, 2010, 139, pp. 840–854.

Kelly J.R., Scheibling R.E. Fatty acids as dietary tracers in benthic food webs. *Marine Ecology Progress*, 2012, series 446, pp. 1–22.
Makhutova O.N., Shulepina S.P., Sharapova T.A., Dubovskaya O.P., Sushchik N.N., Baturina M.A., Pryanichnikova E.G., Kalachova G.S., Gladyshev M.I. Content of polyunsaturated fatty acids essential for fish nutrition in zoobenthos species. *Freswater Science*, 2016, 35 (4), pp. 1222–1234.
Napolitano G.E. Fatty acids as trophic and chemical markers in freshwater ecosystems. In: *Lipids in freshwater ecosystems*. Springer-Verlag, New York. 1999, pp. 21–44.
Pascal J.C., Ackman R.G. Long chain monoethylenic alcohol and acid isomers in lipids of copepods and capelin. *Chem. Phys. Lipids*, 1976, vol. 16, no. 3, pp. 219–223.
Shaw N. Lipid composition as a guide to the classification of bacteria. In: Advances *in Applied Microbiology*. London, New York: Acad. Press, 1974, vol. 17, pp. 63–108.
Smith R.J., Hobson K.A., Koopman H.N., Lavigne D.M. 1996. Distinguishing between populations of fresh and salt-water harbour seals (*Phoca vitulina*) using stable-isotope ratios and fatty acid profiles. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 1996, vol. 53, pp. 272–279.
Thongrod J., Tareuchi T., Saton J., Watanabe T. Requirement of yamame *Oncorhynchus masou* for essential fatty acids. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 1990, no. 8, pp. 1255–1269.
Torres-Ruiz M., Wehr J.D., Perrone A.A. Are netspinning caddisflies what they eat? An investigation using controlled diets and fatty acids. *Journal of the North American Benthological Society*, 2010, 29, pp. 803–813.
Wipfli M.S., Baxter C.V. Linking ecosystems, food webs, and fish production: subsidies in salmonid watersheds. *Fisheries*, 2010, vol. 35, no. 8, pp. 373–387.

Информация об авторах
Е.И. Кальченко — канд. биол. наук, ст. н. с. Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)
Т.Н. Травина — вед. специалист Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)
М.А. Походина — ст. специалист Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)
Н.А. Растягаева — зав. сектором Камчатского филиала ВНИРО (КамчатНИРО)
А.А. Попков — гл. специалист Тихоокеанского филиала ВНИРО (ТИНРО)
Information about the authors
Elena I. Kalchenko – Ph. D. (Biology), Senior Researcher (KamchatNIRO)
Tatiana N. Travina – Leading Specialist (KamchatNIRO)
Maria A. Pokhodina – Senior Specialist (KamchatNIRO)
Nadezhda A. Rastyagaeva – Head of Division (KamchatNIRO)
Alexander A. Popkov – Principal Specialist (TINRO)

Статья поступила в редакцию: 19.09.2022
Одобрена после рецензирования: 28.10.2022
Статья принята к публикации: 02.12.2022

Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2022. Вып. 65. С. 80–89.
The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean. 2022. Vol. 65. P. 80–89.
ISSN 2072-8212 (print), ISSN 2782-6236 (online)

Научная статья / Original article
УДК 599.742.22
doi:10.15853/2072-8212.2022.65.80-89



ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БЕЛЫХ МЕДВЕДЕЙ НА ГРУППИРОВКУ ТИХООКЕАНСКИХ МОРЖЕЙ НА ЛЕЖБИЩЕ МЫСА ВАНКАРЕМ В ЛЕТНЕ-ОСЕННИЙ ПЕРИОД В 2017–2021 ГГ.

Загребельный Сергей Владимирович

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), Москва, Россия, zagrebelniy@vniro.ru

Аннотация. Целью данной работы является оценить влияние белого медведя (*Ursus maritimus* Phipps, 1774) на распределение, численность, миграционную активность тихоокеанского моржа (*Odobenus rosmarus divergens* Illiger, 1815) на береговом лежбище м. Ванкарем (Чукотский АО) в период с августа по октябрь 2017–2021 гг.
Также на основе анализа данных по численности моржей и медведей на лежбище и анализа фотоснимков постарались оценить физическое состояние хищников, степень их привязанности к данному лежбищу, т. е. определить, как меняется возрастной и половой состав группировки медведей на лежбище в ходе развития миграционной активности моржей на лежбище м. Ванкарем. Установлено, что: наряду с антропогенным влиянием, белые медведи являются одним из основных факторов распугивания моржей на данном береговом лежбище; неполовозрелые медведи проводят на лежбище значительно больше времени, чем взрослые самки со щенками и взрослые самцы; физическое состояние основной массы медведей хорошее, однако взрослые самцы чаще других групп медведей имеют упитанность ниже средней; в период нахождения на лежбище между медведями не выявлено пищевой и пространственной конкуренции за кормовые ресурсы.

Ключевые слова: белый медведь, тихоокеанский морж, мыс Ванкарем, береговая смертность

Для цитирования: Загребельный С.В. Оценка влияния белых медведей на группировку тихоокеанских моржей на лежбище мыса Ванкарем в летне-осенний период в 2017–2021 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2022. № 65. С. 80–89.

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF POLAR BEARS ON THE GROUPING OF PACIFIC WALRUSES AT THE CAPE VANKAREM ROOKERY DURING THE SUMMER-AUTUMN PERIOD IN 2017–2021

Sergey V. Zagrebelniy

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO), Moscow, Russia, zagrebelniy@vniro.ru

Abstract. The aim of this work is to assess the impact of polar bears (*Ursus maritimus* Phipps, 1774) on the distribution, abundance, and migration activity of Pacific walrus (*Odobenus rosmarus divergens* Illiger, 1815) on the coastal rookery Cape Vankarem (Chukotka Autonomous District) during the period from August to October 2017–2021.
Also, based on the analysis of data on the number of walruses and bears on the rookery and analysis of photographs, we tried to assess the physical condition of predators, the degree of their attachment to the rookery, i. e. to determine how the age and sex composition of the bear group at the rookery changes during the development of walrus migration activity on the Cape Vankarem rookery. It has been established that: along with anthropogenic influence, polar bears are one of the main factors scaring walruses on the Cape Vankarem coastal rookery; immature bears spend significantly more time at the rookery than adult females with pups or adult males; the physical condition of the majority of bears is good, but the adult males are more frequently below average in fatness; while in the rookery, no food and space competition for food resources was observed between bears.

Keywords: polar bear, Pacific walrus, Cape Vankarem, coastal mortality

For citation: Zagrebelniy S.V. Assessment of the impact of polar bears on the grouping of Pacific walruses at the Cape Vankarem rookery during the summer-autumn period in 2017–2021. The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean. 2022. Vol. 65. P. 80–89. (In Russian)

В результате сезонного сокращения ледового покрова часть популяции медведей чукотско-аляскинской субпопуляции, к которой относятся медведи Чукотки, в летне-осенний период разделяются на четыре сезонно изолированные группировки: часть медведей выходит на о. Врангеля, вторая — на северный берег Чукотского полуострова, третья — на северо-запад-

© Загребельный С.В., 2022

ный берег Аляски, остальные животные остаются на дрейфующих льдах, отступая с ними в Центральный Арктический бассейн (Овсяников, 2012). При этом распределение животных на побережье зависит преимущественно от наличия на берегу значительных источников питания (Болтунов, Никифоров, 2010).

Мыс Ванкарем в последние 25 лет является местом крупной осенней концентрации тихоокеанских моржей *Odobenus rosmarus divergens*, а также важным пунктом, через который проходят миграционные пути белых медведей *Ursus maritimus* (Арсеньев, 1927; Никулин, 1941; Гольцев, 1968; Кавры и др., 2008; Болтунов, Никифоров, 2010). В результате летнего распада ледового покрова в Чукотском и Восточно-Сибирском морях и сокращения ледовых местообитаний, пригодных для моржей, ластоногие вынуждены переходить со льда на берег, где неизбежно происходит взаимодействие с медведями. В результате возникающей при этом паники моржи сходят на море, при этом резко возрастает вероятность гибели моржат и травмирования взрослых животных, в том числе беременных самок. Ежегодно на лежбище м. Ванкарем и побережье вокруг него скапливается большое количество останков от павших животных. Поэтому в ходе выполнения данной работы была поставлена цель оценить влияние белых медведей на распределение, численность, миграционную активность тихоокеанских моржей на береговом лежбище м. Ванкарем. Также при реализации этой цели на основе анализа фотоснимков медведей мы оценивали степень привязанности медведей к данному лежбищу, т. е. определяли, как быстро изменяется состав группировки медведей в районе лежбища в ходе развития миграционной активности моржей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для работы послужили наблюдения автора за развитием миграционной активности тихоокеанских моржей на лежбище м. Ванкарем в августе–октябре 2017, 2018, 2020–2021 гг. (рис. 1). Наблюдения за моржами и белыми медведями в 2017 г. велись с помощью бинокля *Pentax* 8×40, фотоаппарата *Canon 1D Mark III* в 2018 г., в 2020/21 г. также с помощью квадрокоптера *Mavic 2 PRO* (использовался только для мониторинга численности моржей).

Наблюдения за животными проводили в основном в утренние часы (с 7 до 11), без излишнего беспокойства животных, однако из-за большой осторожности хищников не всегда удавалось подойти на достаточную дистанцию для фотоидентификации. Подходить к животным старались с подветренной стороны и таким образом, чтобы в случае своего бегства медведь не беспокоил моржей. При отсутствии такой возможности медведей наблюдали только издали с помощью бинокля.

По фотоснимкам (по возможности) или с помощью бинокля фиксировали пол животного, индивидуальные особенности (упитанность, шрамы или отметины) (Руководство по содержанию.., 2009). Самки определялись по наличию щенков, взрослые самцы — по размеру и пропорциям тела; взрослые неполовозрелые медведи средних размеров записывались

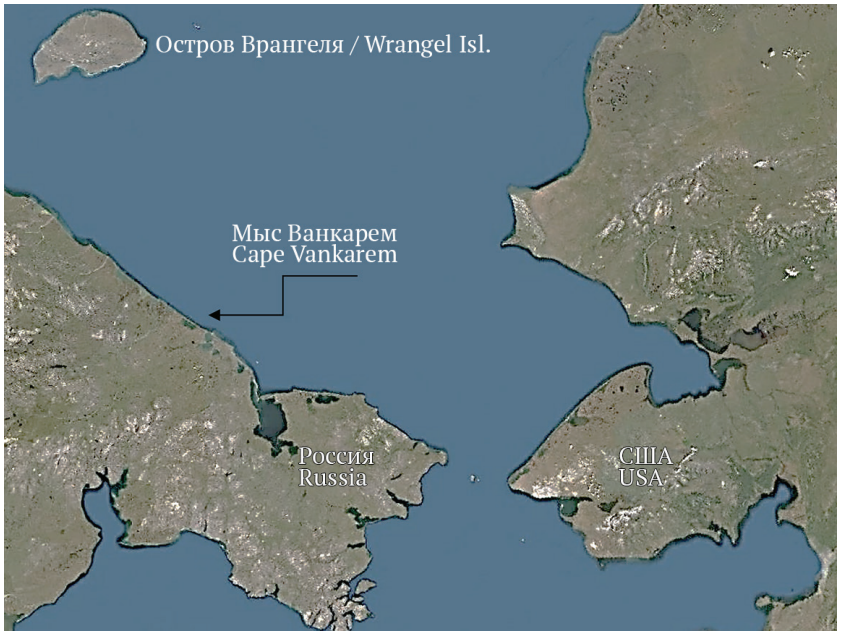


Рис. 1. Карта-схема района исследований
Fig. 1. Schematic map of the research area

как медведи неопределенного пола возрастом 3–5 лет без точной идентификации.

Для оценки количества медведей, которые посещают лежбище за рассматриваемый нами период, рассчитывался показатель встречаемости (среднее количество медведей на лежбище в сутки, N):

$$N = n / D,$$

где n — общее число (сумма) всех выявленных медведей за каждый день наблюдений, в т. ч. щенков; D — общее число дней наблюдений на лежбище (обычно совпадает с продолжительностью экспедиции, за исключением дней, в которые наблюдения не проводились по причине плохой погоды).

Данный показатель также позволяет оценить число медведей, обитающих на данном участке или мигрирующих в текущем году через данный участок побережья.

Для оценки влияния медведей на моржей фиксировали дату, время сгона, примерную численность сошедших в ходе паники моржей на воду. Ежедневно при проходе береговой полосы вдоль лежбища на дистанции, исключающей волнение животных (обычно до 50–70 м до животных) и до трех километров от лежбища, фиксировали число павших животных на берегу; при этом метили каждое найденное животное (отрезали палец на заднем ласте) для исключения повторного учета. В случае, если непосредственно панику зафиксировать не удалось, но участок лежбища, где нами замечен медведь, пустой, делали экстраполяцию по численности моржей за предыдущий учетный день и оставшимся на текущий момент моржам на данном участке. Также учитывалось влияние других факторов беспокойства (собаки, проход местных жителей, дым от поселка, звуки работающей техники, вертолеты, туристы и др.). Оценка их воздействия на местное лежбище обсуждалась в наших других работах (Загребельный, Кавры, 2019; Загребельный, 2020). Численность моржей, как уже указывалось, рассчитывалась по панорамным снимкам, сделанным фотоаппаратом с помощью длиннофокусной оптики (2017 г.), или панорамным снимкам с квадрокоптера, обработанным на компьютере (2018, 2020 гг.).

Физическое состояние медведей (степень упитанности) для каждого встреченного в районе лежбища медведя оценивалось по 5-балльной системе, предложенной WWF (Руководство по содержанию.., 2009).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Численность медведей и длительность их присутствия на лежбище

Численность медведей за сезон наблюдений на лежбище, а также среднесуточная встречаемость медведей за 2017–2021 гг. представлены в табл. 1. В целом можно сказать, что и численность, и среднесуточная встречаемость белых медведей на лежбище возрастают от сезона к сезону.

Таблица 1. Численность белых медведей и оценка их воздействия на моржей на лежбище Ванкарем в 2017–2021 гг.
Table 1. Polar bear numbers and assessment of their impact on walruses at the Vankarem rookery in 2017–2021

Год наблюдений Year of observation	Период наблюдений (дней) Observation period (days)	Число дней с медведями Days with bears	Кол-во встреч (дней с медведями) за период наблюдения Number of meets (days with bears) for the observation period							Число взросл. медведей за сезон/ число сеголеток Number of adult males in season/ number of yearlings	Общее число встреч Total number of meets ∑ (n)	Общее кол-во сошедших моржей Total number of walruses escaped	Сред. число медведей за сутки Average number of bears a day
			Самка с 1 щен. Female with 1 pup	Самка с 2 щен. Female with 2 pups	Взр. самец Adult male (1)*	Взр. самец Adult male (2)*	Неизв. пола 3–5 лет Sex unknown 3–5 year old (1)*	Неизв. пола 3–5 лет Sex unknown 3–5 year old (2)*	Неизв. пола 3–5 лет Sex unknown 3–5 year old (3)*				
2017	28.08–17.10 (51)	1					1			1	1	3000	0,02
2018	6.08–15.10 (71)	22	8		1		16	3	1	5/1	37	23 970	0,52
2020	10.08–21.09 (42)	16					17	6	3	3	26	22 200	0,62
2021	14.08–19.09 (37)	16	4	5	6	3	11	4	1	7/3	48	нет моржей	1,29

*Порядковые номера животных / Ordinal numbers of the animals

Наиболее «оседлыми», по нашим наблюдениям, оказались неполовозрелые медведи 3–5 лет, некоторые из которых оставались на лежбище до 17 дней; наименее «оседлыми» (т. е. более мобильными) были взрослые самцы (разные звери оставались на лежбище от 1 до 6 дней) и самки со щенками (присутствовали от 4 до 8 дней; табл. 1). Например, в сентябре 2018 г. один молодой медведь с отметиной на лбу около двух недель обитал в разрушенном блиндаже на лежбище (рис. 2).

В осенний сезон 2021 г. по причине выноса льда от о. Врангеля и прол. Лонга к арктическому побережью Чукотки был затруднен выход моржей на берег, поэтому лежбище м. Ванкарем было без моржей. Однако именно осенью 2021 г. нами зафиксировано максимальное число белых медведей на лежбище. Ввиду того, что на лежбище и в его окрестностях еще с прошлого года скопилось достаточно много останков моржей, медведи регулярно отмечались на м. Ванкарем даже в отсутствие моржей в текущем году. Вероятно, определенную положительную роль в этом сыграла также «кормовая» площадка в 3 км восточнее лежбища, на которую местные жители регулярно вывозят трупы павших животных, чтобы медведи не заходили в село. Однако в период заполнения лежбища мы ни разу не фиксировали белых медведей на данной площадке, которую мы посещали с регулярностью раз в три дня (возможно, из-за высокой доступности пищи на лежбище или конкуренции с более агрессивными бурыми медведями).

Конфликтов медведей между собой за ресурсы или территорию за время наблюдений (4 сезона) мы не отмечали, наоборот, 25.08.2021 зафиксирована группа из 6 медведей (самка с 2 взрослыми щенками, 2 взрослых самца, 1 самец неполовозрелый), которые отдыхали на тундре (рис. 3).



Рис. 2. Неполовозрелый белый медведь на м. Ванкарем неизвестного пола (3–5 лет) с отметиной на лбу (август 2018 г.). Автор фото С.В. Загребельный
Fig. 2. Immature polar bear of unknown sex (3–5 years old) at Cape Vankarem with a mark on forehead (August 2018). Photo by S. Zagrebelniy



Рис. 3. Смешанная группа медведей на м. Ванкарем (25.08.2021). Автор фото С.В. Загребельный
Fig. 3. Mixed group of bears at Cape Vankarem (August 25, 2021). Photo by S.V. Zagrebelniy

Оценка физического состояния белых медведей на лежбище

Упитанность животных в основном была средняя (3 балла), за исключением одного неполовозрелого медведя, встреченного в 2020 г., и одного неполовозрелого медведя и двух взрослых самцов, встреченных в 2021 г., — они по упитанности были худыми (табл. 2).

Так как общее число наблюдаемых нами животных на лежбище не велико (1 медведь в 2017 г., 6 — в 2018 г., 3 — в 2020 г., 10 — в 2021 г., включая щенков), мы не можем ничего сказать о доступности кормовых ресурсов для медведей за конкретный текущий сезон.

Изменение численности моржей в результате беспокойства от медведей

На рисунке 4 показано изменение численности моржей на лежбище в результате беспокойства со стороны белых медведей, а также количество сошедших моржей в результате паник. В целом можно сказать, что число ушедших в результате паники моржей может составлять от 400 до 10 000 животных за сход. Если беспокойство происходило в начале сезона заполнения лежбища, то моржи несколько дней опасались выходить на берег; в ходе массовой миграции, при быстром заполнении всех пригодных для моржей участков на лежбище ластоногие достаточно быстро возвращаются на пустующие участки (уже через несколько часов после паники).

Нами за весь период наблюдений не было отмечено ни одного факта охоты медведей на моржей на данном лежбище. Такое же характерное в отношении моржей поведение медведей на данном лежбище было отмечено и другими исследователями (Крюкова, Кочнев, 2012), в отличие от белых медведей в 188 км к западу от м. Ванкарем на аналогичном лежбище на мысе Кожевникова (Переверзев, Кочнев, 2012). Отмечен единственный случай, когда медведь тащил по воде к берегу свежий труп молодого моржа, однако скорее всего, он схватил свежепавшего животного, так как такие же трупы лежат в изобилии на берегу. Вероятно, местным хищникам хватает тех трупов, которых скапливаются на лежбище и прибойной полосе в период миграции, в том числе прошлогодних (Крюкова, Кочнев, 2012).

Присутствие медведей в районе лежбища все же сказывается на распределении моржей по лежбищу. Исходя из данных, приведенных в таблице 1, понятно, что белые медведи в случае их присутствия являются одним из главных факторов беспокойства на лежбище м. Ванкарем. Помимо медведей, на этом лежбище достаточно часто наблюдалось беспокойство от собак мест-

ных жителей, а также от рейсового вертолета и хозяйственной деятельности человека (Загребельный, Кавры, 2019; Загребельный, 2020). Как уже упоминалось, следствие таких паник — большое число павших моржат первого года жизни, неполовозрелые и взрослые животные, а также абортированные выкидыши недоношенных моржат (иногда до 5 штук на 100 м береговой линии лежбища, наши данные). А.А. Кочнев также считает, что основной фактор беспокойства

Таблица 2. Упитанность встреченных на м. Ванкарем белых медведей
Table 2. Condition (fatness) of polar bears encountered at Vankarem Cape

Период / Period	Статус зверя / Status	VS	S	NS	F	VF
2017	M ad					
	F ad					
	F juv					
	F yr					
	F ty					
	Од.			1		
2018	M ad			1		
	F ad					
	F juv					
	F yr			1		
	F ty					
	Од.			3		
2020	M ad					
	F ad					
	F juv					
	F yr					
	F ty					
	Од.		1	2		
2021	M ad		2			
	F ad					
	F juv					
	F yr					
	F ty			2		
	Од.		1	2		

VS — очень худой (very skinny); S — худой (skinny); NS — нормальной упитанности (normal shape); F —упитанный (fat); VF — очень упитанный (very fat); M ad — взрослый самец (adult male); F ad — взрослая самка (adult female); F iuv — самка с щенком-сеголетком (female with a yearling pup); F yr — самка с годовиком (female with 1 year old pup); F ty — самка с двухлеткой (female with 2 year old pup); Од. — одиночный неполовозрелый 3–5 лет (single immature 3–5 year old bear)

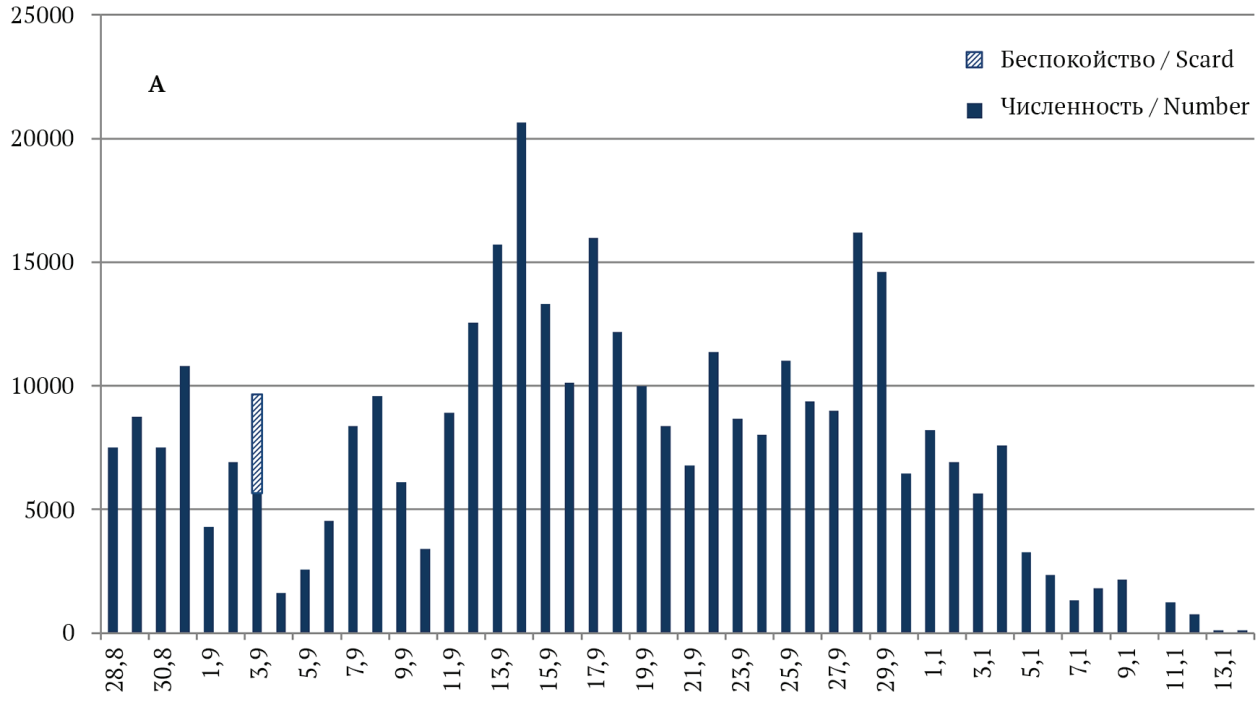


Рис. 4А. График общей численности и количества согнанных белым медведем моржей на лежбище Ванкарем осенью 2017 г. (А)
Fig. 4A. Graph of the total number and number of walruses herded by polar bears at the Vankarem Rookery in autumn 2017 (A)

для береговой залежки моржей — это белые медведи. При наружном осмотре трупов павших моржей с о. Врангеля им было установлено, что причиной смерти 86,3% от выборки в 395 моржей было травмирование их другими моржами при многочисленных давках, возникающих в тесноте залежки, при этом количество моржей, задавленных в паниках, вызванных медведями, в 4,3 раза выше, чем число непосредственно убитых медведем особей (Кочнев, 2015).

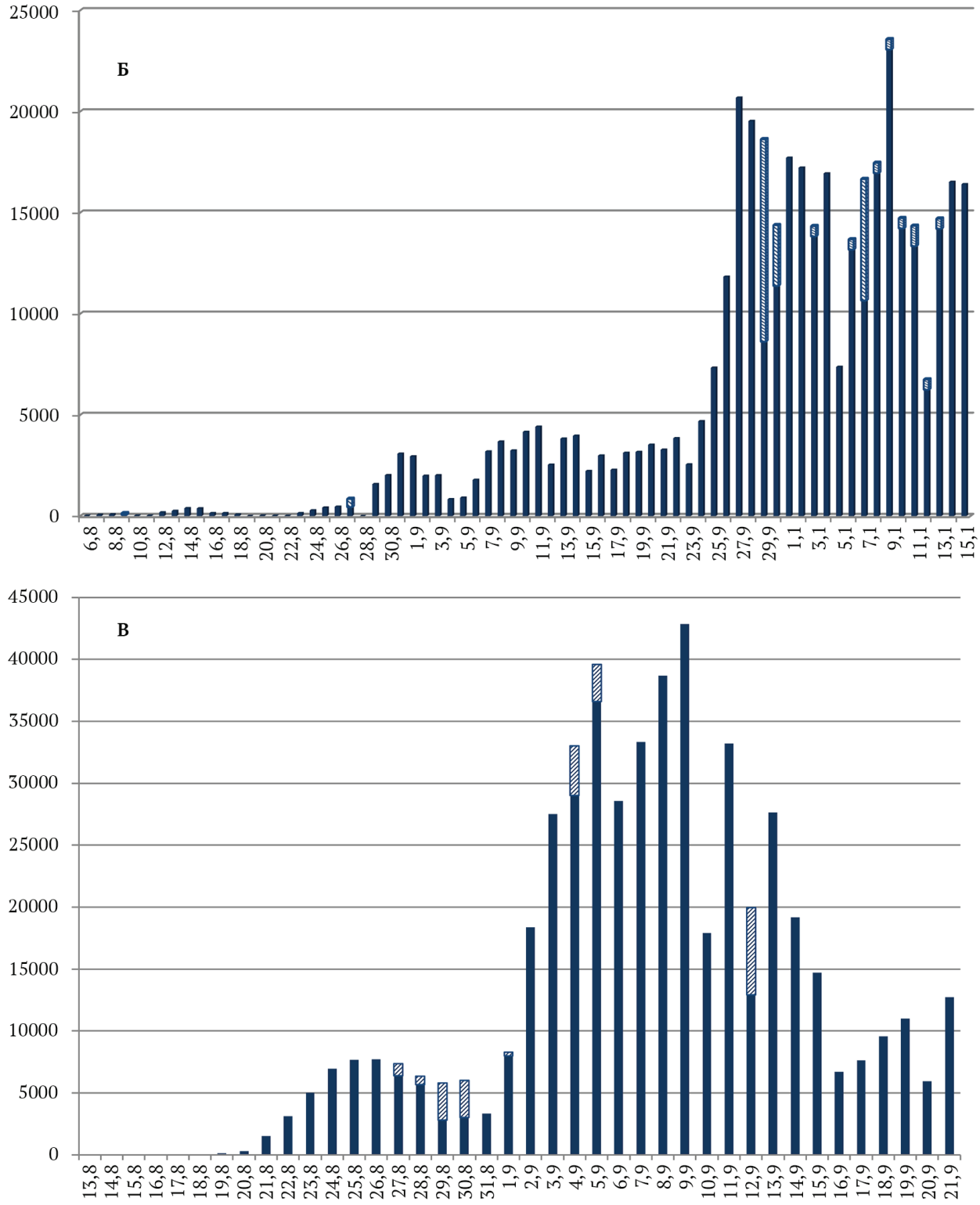


Рис. 4Б, В. График общей численности и количества согнанных белым медведем моржей на лежбище Ванкарем осенью 2018 (Б), 2020 (В) гг.
Fig. 4Б, В. Graph of the total number and number of walruses herded by polar bears at the Vankarem Rookery in autumn 2018 (Б), and 2020 (В)

В случае, когда медведь живет постоянно в шаговой доступности от лежбища, и у него имеется участок, где он постоянно кормится, данный участок лежбища из-за регулярного распугивания животных длительное время остается пустым даже несмотря на массовую миграцию моржей и нехватку свободных участков для их выхода на берег (рис. 5). Пустым участок остается вплоть до ухода хищника с лежбища.

Высокая численность медведей на лежбище м. Ванкарем в 2021 г., вполне вероятно, была из-за того, что помимо «береговых» медведей, которые оставались на побережье после весеннего распада льда, здесь периодически появлялись животные, пришедшие со льдами из высоких широт Арктики. Мы периодически отмечали медведей, бродящих по льдам, которые течение «тащило» мимо мыса в сторону о. Колючин и Колючинской губы (нами отмечено 3 медведя на льдах, хотя вполне вероятно, их число было больше из-за ограниченного времени наших наблюдений).

По наблюдениям А.Н. Болтунова и В.В. Никифорова, количество животных на побережье стабильно в течение летнего сезона, но не стабильно по годам, так как каждый год число медведей на берегу и на льду разное (Болтунов, Никифоров, 2010). Ввиду того, что в районе м. Ванкарем значительные «запасы» корма в виде трупов животных, медведи даже в период отсутствия животных из-за невозможности их выхода на побережье остаются в кормном районе до полного выедания кормового ресурса (или до установки плотного ледового покрова, чтобы со льда кормиться их основной пищей — ледовыми формами тюленей).

Охота белых медведей на другие виды ресурсов, как, например, на о. Врангеля на гусей и леммингов (Менюшина, Овсяников, 2012), нами не зафиксирована. Ежегодно отмечали несколько «раскопов» тундры на мысе, где обитают лемминги и полевки, однако визуальных наблюдений за такой охотой не было. Понятно, что в условиях хорошей доступности трупов моржей грызуны являются второстепенной и даже случайной пищей для белых медведей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная работа еще раз показала, что м. Ванкарем является важным местообитанием как для популяции тихоокеанских моржей, где животные останавливаются в период осенних миграций на пути в Берингов пролив, так и для белых медведей. При отсутствии плотного ледового покрова и невозможности выхода на лед для полноценной охоты на свои основные виды ресурсов хищники используют данный участок побережья для откорма в безледовый период. При этом белые медведи являются основным источником опасности для моржей даже в отсутствии непосредственных нападений на ластоногих. Беспокойство со стороны медведей и возникающая в ходе этого паника ведет к травмированию моржей и повышенной смертности их молодняка и взрослых животных.

В ходе наших работ установлено, что наиболее «оседлыми» медведями на лежбище м. Ванкарем за рассматриваемый нами период наблюдений были молодые неполовозрелые



Рис. 5. Участок лежбища на м. Ванкарем до ухода моржей (А, 27.09.2018) и после (Б, 29.09.2018). Рядом с вышкой — отдыхающий белый медведь; согнал на воду примерно 10 тыс. моржей
Fig. 5. Territory of the rookery at Cape Vankarem before the walruses left (A – September 27, 2018) and after (B – September 29, 2018). Polar bear resting near the tower; drove about 10 thous. walruses into the water

животные; взрослые медведи (самки с щенками, взрослые самцы) на лежбище, как правило, долго не задерживаются. С другой стороны, в связи с обилием пищи не зафиксированы антагонистические отношения между медведями за территорию и за ресурсы. При этом мы не заметили какой-либо прямой зависимости численности медведей от численности моржей на лежбище.

Сокращение степени вмешательства белых медведей в текущую жизнь лежбища м. Ванкарем возможно только при сокращении количества трупов, павших на лежбище и на прилегающих участках побережья. Это возможно в двух случаях: путем сокращения беспокойства со стороны человека в районе лежбища моржей (в период заполнения лежбищ — изменение маршрутов местных авиалиний; содержание собак на привязи; сокращение хозяйственной активности в селе при ветрах определенного направления; изменение сроков северного завоза; регуляция туристического потока и запрет посещения лежбища людьми в период функционирования лежбища); путем регулярного вывоза трупов за пределы лежбища и поселка. Вариант сгона медведей с мыса или охраны лежбища от медведей мы не рассматриваем из-за природоохранного статуса лежбища.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

Арсеньев В.К. 1927. Тихоокеанский морж. Хабаровск-Владивосток: Книжное дело. 35 с.

Болтунов А.Н., Никифоров В.В. 2010. Результаты береговых наблюдений за белыми медведями (*Ursus maritimus*) на востоке Российской Арктики в 2006–2009 гг. / Матер. VI Междунар. конф. «Морские млекопитающие Голарктики» (11–15 октября 2010 г., Калининград). М.: СММ. С. 81–86.

Гольцев В.Н. 1968. Динамика береговых лежбищ моржа в связи с его распределением и численностью // Тр. ВНИРО. Т. 68. С. 205–215.

Загребельный С.В. 2020. Оценка численности, возрастно-половой структуры и уровня сезонной смертности тихоокеанских моржей на береговом лежбище «Мыс Ванкарем» в 2020 г. // Тр. ВНИРО. Т. 182. С. 214–219.

Загребельный С.В., Кавры С.И. 2019. Оценка численности, возрастно-половой структуры и уровня сезонной смертности тихоокеанских моржей *Odobenus rosmarus divergens* на лежбище «Мыс Ванкарем» в 2018 г. // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Вып. 54. С. 103–110.

Кавры В.И., Болтунов А.Н., Никифоров В.В. 2008. Новые береговые лежбища моржей (*Odobenus rosmarus*) — ответ на изменение климата / Матер. V Междунар. конф. «Морские млекопитающие Голарктики» (14–18 сентября 2008 г., Одесса). М.: СММ. С. 248–251.

Кочнев А.А. 2015. Факторы, определяющие состояние и динамику популяции тихоокеанского моржа *Odobenus rosmarus divergens* в районе острова Врангеля в XX веке: Дис. … канд. биол. наук. М.: ИПЭЭ им. Северцева. 146 с.

Крюкова Н.В., Кочнев А.А. 2012. Лежбище моржей (*Odobenus rosmarus divergens*) на мысе Ванкарем в 2011 г. / Матер. VII Междунар. конф. «Морские млекопитающие Голарктики» (24–28 сентября 2012 г., Суздаль). М.: СММ. С. 344–349.

Менюшина И.Е., Овсяников Н.Г. 2012. Охота белых медведей (*Ursus maritimus*) на леммингов и белых гусей на острове Врангеля в летне-осенние периоды / Матер. VII Междунар. конф. «Морские млекопитающие Голарктики» (24–28 сентября 2012 г., Суздаль). М.: СММ. С. 77–81.

Никулин П.Г. 1941. Чукотский морж // Изв. ТИНРО. Т. 20. С. 21–59.

Овсяников Н.Г. 2012. Встречаемость семейных групп и величина выводков белых медведей (*Ursus maritimus*) на острове Врангеля в 2004–2010 гг. как показатель состояния популяции / Матер. VII Междунар. конф. «Морские млекопитающие Голарктики» (24–28 сентября 2012 г., Суздаль). М.: СММ. С. 143–150.

Переверзев А.А., Кочнев А.А. 2012. Морские млекопитающие в районе мыса Шмидта (Чукотка) в сентябре–октябре 2011 г. // Матер. VII Междунар. конф. «Морские млекопитающие Голарктики» (24–28 сентября 2012 г., Суздаль). М.: СММ. С. 176–181.

Руководство по содержанию белых медведей (*Ursus maritimus*). 2009. Программа SSP AZA по белому медведю в сотрудничестве с Таксономической консультативной группой (TAG) AZA по медведям. Ассоциация зоопарков и аквариумов при участии Комиссии AZA по благополучию животных. 100 с.

REFERENCES

Arsenyev V.K. *Tikhookeanskiy morzh* [Pacific walrus]. Khabarovsk-Vladivostok: Knizhnoe delo, 1927, 35 p.

Boltunov A.N., Nikiforov V.V. Results of onshore observations of polar bear (*Ursus maritimus*) in the Eastern Russian Arctic in 2006–2009. Collection of scientific papers after the sixth International Conference “Marine mammals of the Holarctic”

(September, 11–15, 2010, Kaliningrad). Moscow SMM, 2010, pp. 81–86. (In Russian)
Goltsev V.N. Dynamics of walrus coastal rookeries in relation to distribution and abundance of the anumals. *Trudy VNIRO*, 1968, vol. 68, pp. 205–215. (In Russian)
Zagrebelnyi S.V. Estimation of the number, age-sex structure and seasonal mortality rate of Pacific walruses at the Cape Vankarem shore rookery in 2020. *Trudy VNIRO*, 2020, vol. 182, pp. 214–219. (In Russian)
Zagrebelnyi S.V., Kavry S.I. Estimation of abundance, age-sex structure, and seasonal mortality rates of Pacific walrus *Odobenus rosmarus divergens* at the Cape Vankarem rookery in 2018. *The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and of the north-west part of the Pacific Ocean,* 2019, issue 54, pp. 103–110. (In Russian)
Kavry S.I., Boltunov A.N., Nikiforov V.V. New coastal rookeries of walrus (*Odobenus rosmarus*) — a response to climate change. Collection of scientific papers after the fifth International Conference "Marine mammals of the Holarctic" (September, 14–18, 2008, Odessa). Moscow: SMM, 2008, pp. 248–251. (In Russian)
Kochnev A.A. *Factory, opredelauschiye sostoyanie i dinamiku populatsii tokhooreanskogo morzha Odobenus rosmarus divergens v rayone ostrova Vrangelya v XX veke: Dis. kand. biol. nauk* [Factors determining the status and population dynamics of the Pacific walrus *Odobenus rosmarus divergens* in the Wrangel Island area in the 20th century: Dis. of PhD (Biology)]. Moscow: A.N. Severtsov IEE, 2015, 146 p.
Kryukova N.V., Kochnev A.A. Walrus rookery (*Odobenus rosmarus divergens*) at Cape Vankarem in 2011. Collection of scientific papers after the seventh International Conference "Marine mammals of the Holarctic" (September, 24–28, 2012, Suzdal). Moscow: SMM, 2012, pp. 344–349. (In Russian)
Menyushina I.E., Ovsyanikov N.G. Hunting of polar bears (*Ursus maritimus*) for lemmings and polar geese on Wrangel Island in summer–autumn periods. Collection of scientific papers after the seventh International Conference "Marine mammals of the Holarctic" (September, 24–28, 2012, Suzdal). Moscow: SMM, 2012, pp. 77–81. (In Russian)
Nikulin P.G. Chukotka walrus. *Izvestia TINRO,* 1941, vol. 20, pp. 21–59. (In Russian)
Ovsyanikov N.G. Occurrence of family groups and brood size of polar bear (*Ursus maritimus*) on Wrangel Island in 2004–2010 as an indicator of the population status. Collection of scientific papers after the seventh International Conference "Marine mammals of the Holarctic" (September, 24–28, 2012, Suzdal). Moscow: SMM, 2012, pp. 143–150. (In Russian)
Pereverzev A.A., Kochnev A.A. Marine mammals in the Schmidt Cape area (Chukotka) in September–October 2011. Collection of scientific papers after the seventh International Conference "Marine mammals of the Holarctic" (September, 24–28, 2012, Suzdal). Moscow: SMM, 2012, pp. 176–181. (In Russian)
Rukovodstvo po soderzhaniyu belykh medvedey (*Ursus maritimus*) [Polar Bear (*Ursus maritimus*) Keeping Guide]. AZA SSP Polar Bear Program in cooperation with the AZA Bear Taxonomic Advisory Group (TAG). Association of Zoos and Aquariums in cooperation with the AZA Animal Welfare Commission, 2009, 100 p.

Информация об авторе
С.В. Загребельный — вед. н. с. ВНИРО
Information about the author
Sergey V. Zagrebelniy – Leading Researcher VNIRO

Статья поступила в редакцию: 23.09.2022
Одобрена после рецензирования: 11.10.2022
Статья принята к публикации: 28.10.2022

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Публикация статей для аспирантов бесплатна.

Решение о публикации принимается редакционной коллегией журнала после рецензирования, с учетом научной значимости и актуальности предоставленного материала. Статьи, отклоненные редколлегией, повторно не принимаются и не рассматриваются.

Редколлегия журнала оставляет за собой право изменять название статей по согласованию с авторами, а также вносить сокращения и иные редакционные правки в рукопись.

Положение об ответственности авторов

Авторы гарантируют, что направленный для публикации материал не был ранее опубликован на русском языке, а также не находится на рассмотрении в другом журнале.

Авторы гарантируют, что в предоставляемом материале соблюдены все авторские права: среди авторов указаны только те, кто сделал значительный вклад в исследование, все заимствованные фрагменты (текстовые цитаты, таблицы, рисунки и формулы) процитированы корректно, с указанием источников, позволяющих идентифицировать их авторов.

Авторы осознают, что факты научной недобросовестности, выявленные как в процессе рецензирования, так и после публикации статьи (плагиат, повторная публикация, раскрытие защищенных данных), могут повлечь не только снятие статьи с публикации, но и уголовное преследование со стороны тех, чьи права будут нарушены в результате обнародования текста.

Статьи авторов, которые не могут или не считают нужным нести ответственность за предоставляемые материалы, редакцией не рассматриваются.

Предоставление статей

В редакцию журнала направляются статьи обязательно и в электронном, и в печатном виде. На каждом листе печатного варианта — личная подпись автора и дата.

Электронные материалы должны содержать в отдельном виде следующие файлы:

— текстовый файл;

— файлы, содержащие иллюстрации (один рисунок — один файл. Графики — в формате PDF, таблицы — в формате Word, рисунки — TIF, JPEG, AI, EPS);

— файл с подрисуночными подписями.

Авторы обязаны сопровождать статью, направляемую в редакцию, двумя экземплярами подписанного соглашения о передаче авторского права (форма соглашения доступна для скачивания по ссылкам: http://www.kamniro.ru/soglasiye_avtor/ (статья с одним автором), http://www.kamniro.ru/soglasiye_soavtor/ (соавторство).

Исправленные после замечаний рецензентов материалы принимаются по электронной почте (pressa@kamniro.ru).

Общие требования к оформлению рукописей

Текст

При наборе текста статьи использовать редактор MS Word, шрифт Times New Roman.

В начале текстового файла должны быть указаны следующие данные:

– рубрикация статьи по УДК;

– заголовок статьи (латинское обозначение объекта приводится полностью);

– фамилия, имя и отчество автора/авторов;

– должность, научная степень автора, название научного учреждения, полный почтовый адрес, рабочий телефон/факс, электронный адрес. Если авторов несколько, и они работают в разных учреждениях, то названия, адреса и контактные данные учреждений приводятся в том порядке, в каком расположены фамилии авторов;

– ключевые слова;

– краткая аннотация (не более 1/2 страницы).

Далее в таком же порядке указываются сведения на английском языке.

Структура статьи должна быть выдержана в обязательном порядке и содержать разделы: введение, материал и методика, результаты и обсуждение, заключение, благодарности (при необходимости), список литературы.

В тексте и таблицах в числах десятичные знаки отделяются запятой.

Таксоны: род и вид набираются *курсивом*.

Знаки: градус, минута (3 °С; 46°74′ с. ш.), плюс-минус (±), процент (%), промилле (‰), продецимилле (‱) и умножение (×) набираются символами.

Иллюстративный материал

Все рисунки должны быть пронумерованы в последовательности, соответствующей упоминанию в статье, и номерами привязаны к подрисуночным подписям. Нумерация рисунков сквозная.

Для обозначения осей графиков, легенды, начертания формул на графиках применять размер шрифта 11, начиная с большой буквы (Длина, Вес, и т. д.), с указанием через запятую размерности (кг, м). Оси должны быть четко видны (не пунктиром). На рисунок наносятся только цифровые и буквенные обозначения, все остальные пояснения — в подрисуночной подписи.

В таблицах допускаются только горизонтальные линии. Вертикальные линии можно использовать в заголовках граф.

Графический материал в электронной версии принимается как сканированный, так и рисованный на компьютере в черно-белом или цветном исполнении (оригиналы сканируются в режиме «градации серого» для черно-белых и в цветовой модели RGB для цветных с разрешением не менее 300 dpi, но не более 450 dpi на дюйм, сохраняются в файл JPG, качество «наилучшее», базовое(!). При невозможности самостоятельного качественного сканирования оговорить с редакцией вариант предоставления оригинала.

Для растровых рисунков использовать формат TIF, JPEG (базовый) с разрешением 300 dpi, в режиме gray scale или RGB; векторные рисунки предоставляются в формате программы CorelDraw или в форматах EPS, AI.

Список литературы

В список литературы включаются только рецензируемые источники (статьи из научных журналов и монографии), используемые в тексте статьи. Если

необходимо сослаться на статью в общественно-политической газете, текст на сайте или в блоге, следует поместить ссылку с информацией об источнике.

Ссылки на принятые к публикации, но еще не опубликованные статьи, должны быть помечены словами «в печати»; авторы должны получить от редакции, куда сдана статья, письменное разрешение для ссылки на такие документы и подтверждение того, что они будут опубликованы.

Информация из неопубликованных источников должна быть помечена ссылкой «неопубликованные данные/документы», авторы также должны получить письменное подтверждение от источника данных на использование таких материалов.

Список литературы составляется в алфавитном порядке; сначала источники на русском языке, затем — на иностранном. Указываются **только опубликованные** работы, отмеченные ссылками в тексте.

В списке литературы указываются фамилии всех авторов источника. В тексте, при ссылке на источник, в круглых скобках приводятся фамилия автора или двух авторов и год издания (Иванов, 1980; Иванов, Петров, 1980); если же авторов три и более, то приводится фамилия первого с пометкой «и др.» — для русских, «et al.» — для иностранных публикаций (Иванов и др., 1990; Ivanov et al., 1990).

Выходные данные источников литературы приводят в следующем порядке.

Для книг: фамилия и инициалы автора(ов) (*курсив*), год издания, название книги, место издания, издательство, количество страниц. Например:

Богатов В.В. 1994. Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука. 218 с.

Другие издательства: (М.-Л.: Изд-во АН СССР. Ч. 1. 466 с.), (Новосибирск: Наука. 221 с.), (Владивосток: ТИНРО-Центр. Т. 1. 580 с.), (М.: Мир. 740 с.), и т. д.

Для тезисов, докладов, материалов: фамилия и инициалы автора(ов) (*курсив*), год издания, название тезисов, две косые линии, (если конференция тематическая, то тема конференции), где и когда докладывались, место издания, издательство, количество страниц. Например:

Трифонова И.С. 1998. Водоросли фитопланктона как индикаторы эвтрофирования // Тез. докл. II съезда Русского ботанического о-ва «Проблемы ботаники на рубеже XX–XXI веков» (Санкт-Петербург, 26–29 мая 1998 г.). СПб.: Ботанический ин-т РАН. Т. 2. С. 118–119.

... // Материалы IV науч. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей» (Петропавловск-Камчатский, 18–19 ноября 2003 г.). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 71–76.

Для статей из сборников и журналов: фамилия и инициалы автора(ов) (*курсив*), год издания, название статьи, две косые линии, название сборника трудов (раскрытое), том, выпуск (номер), страницы, DOI.

Леванидов В.Я. 1976. Биомасса и структура донных биоценозов малых водотоков Чукотского полуострова // Пресноводная фауна Чукотского полуострова. Тр. Биол.-почв. ин-та. Т. 36 (139). С. 104–122. doi: (№)

Новиков Н.П. 1974. Рыбы материкового склона северной части Тихого океана. М.: Пищ. пром-сть. 308 с.

Трувеллер К.А. 1979. Дифференциация популяции сельди *Clupea harengus* в Северном море по антигенам эритроцитов и электрофоретическим спектрам белков. Дис. ... канд. биол. наук. М.: МГУ. 153 с.

ФИО автора. Год. Название статьи // Тр. Всес. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Т. 141. С. 229–239.

... // Гидробиол. журн. Т. 28. № 4. С. 31–39.

... // Вопр. ихтиологии. Т. 36. № 3. С. 416–419.

... // Тр. Ин-та биол. внутр. вод АН СССР. 21 (24). С. 285–294.

... // Сб. науч. тр. Гос. НИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва. Вып. 308. С. 85–100.

... // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана: Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 7. С. 261–269.

... // Журн. общ. биол. Т. XL. № 5. С. 689–697.

... // Альгология. Т. 12. № 2. С. 259–272.

... // Зоол. журн. Т. 47. Вып. 12. С. 1851–1856.

... // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 128. С. 768–772.

... // Вестник МГУ. Биология, почвоведение. № 3. С. 37–42.

По всем возникающим вопросам обращаться в редакцию журнала:

683000 Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18.

Тел.: (4152) 41-27-01. E-mail: pressa@kamniro.ru.

Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2022. Вып. 65.
The researches of the aquatic biological resources of Kamchatka and the north-west part of the Pacific Ocean. 2022. Vol. 65.
ISSN 2072-8212 (print), ISSN 2782-6236 (online)

ИЗДАТЕЛЬСТВО КАМЧАТСКОГО ФИЛИАЛА ФГБНУ «ВНИРО» («КАМЧАТНИРО») ПРЕДЛАГАЕТ:



КамчатНИРО — 85 (1932–2017). Воспоминания. Стихи. Рассказы / Составители: В.Ф. Бугаев, М.В. Варкентин, Ю.А. Кудлаева. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2017. 280 с.

Издание посвящено 85-летнему юбилею Камчатского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО, КО ТИНРО, КоТИРХ — аббревиатуры организации в разные годы). В альбом включены воспоминания и записки бывших и настоящих сотрудников института, их друзей и близких, рассказывающие об истории КамчатНИРО и направлениях исследований, знакомящие с коллективом и повседневной работой, отражающие романтику и трудности работы ихтиологов, гидробиологов, генетиков, паразитологов, вирусологов, зоологов, экологов и представителей других редких профессий.

Все научные сотрудники — талантливые люди, поэтому в издание включены также их стихи и рассказы. В одних случаях эти произведения связаны непосредственно с работой и окружающей природой, в других — посвящены романтике жизни на Севере, а известный генетик с мировым именем д. б. н. Н.В. Варнавская даже писала и публиковала научно-фантастические романы (его отрывок также представлен читателям).

Издание иллюстрировано исключительно черно-белыми архивными фотографиями, что усиливает эффект проникновения Прошлого в наши дни и повышает его достоверность. Использованы фотографии из лабораторных архивов, а также из частных собраний сотрудников КамчатНИРО: В.Ф. Бугаева, Т.Л. Введенской, М.А. Жилина, С.И. Корнева, И.И. Лагунова, А.В. Маслова, В.Ф. Севостьянова, О.В. Тимофеевой, С.А. Травина и других.

Открывает юбилейный альбом уникальная рукопись доктора биологических наук Фаины Владимировны Крогиус «Воспоминания о Камчатке и о создании научной работы» (1932–1985), найденная в 2016 г. в архиве Камчатского края и опубликованная впервые.

СОДЕРЖАНИЕ

От редактора 4

ВОСПОМИНАНИЯ

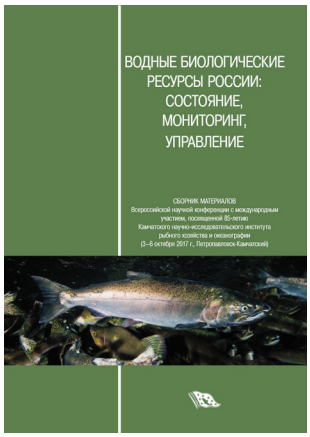
Крогиус Ф.В. Воспоминания о Камчатке и о создании научной работы (1932–1985) 8
Полутов И.А. Избранные главы из книги воспоминаний «Давным-давно» (1995) 33
Акулин В.Н. Моя Камчатка. Шестидесятые годы 47
Яцковский А.И. О камчатских ихтиологах: из книги «По горам и долинам Камчатки» (1959) 56
Корягина (Бирман) Н.И. Воспоминания детства и юности о папе и сотрудниках КО ТИНРО 59
Нестеров Г.А. Воспоминания о лаборатории… (2001) 64
Горчаков М.И. О камчатских ихтиологах: из книги «Цена каждого шага» (1974) 78
Введенская Т.Л. Воспоминания о десятилетнем счастье на оз. Кроноцком (1970–1979) 84
Жилин М.Я. Озёрные отшельники 100
Науменко Е.А. Полевые сезоны 108
Бугаев В.Ф. Один взгляд и три вылазки на оз. Этамынк 115
Дубынин В.А. На волне памяти… 127
Карпенко В.И. Первый рейс в КамчатНИРО по теме 145
Шагинян Э.Р. Лаборатории промысловых беспозвоночных — от создания до наших дней . 158
Кляшторин Л.Б. Озерновский наблюдательный пункт: 1985–1986 165
Виленская-Маркевич Н.И. Из книги «Воспоминания о камчатской жизни» (2007) 169

СТИХИ

Дьяков Ю.П. Избранная поэзия 192
Бугаев В.Ф. Избранные стихи из сборника «На окраине России» 200

РАССКАЗЫ

Басов Ю.С. Из книги «Дальневосточные рассказы» (2015) 210
Варнавская Н.В. Отрывок из научно-фантастического романа «Скоморох, бегущий по звёздам» (2011) 222
Егорова Т.В. Рыбное богатство Камчатки (1973) 228
Николаев А.С. Из сборника рассказов «Чудо каждого дня…» (1995) 234
Николаев А.С. Запоздалый репортаж с Большерецкого тракта (2017) 243
Остроумов А.Г. Из сборника рассказов «По Камчатке — от мыса Лопатка до реки Хатырки» (1997) 246
Севостьянов В.Ф. Из сборника рассказов «Я в вечность торопился» (2006) 256
Челноков Ф.Г. «Покорение вулкана Камень» (1958) из книги «К вершинам Камчатки, России, планеты» 263
Чугунков Д.И. Рассказ «Камчатка – Канада» из сборника «Норд-ост» (1980) 273

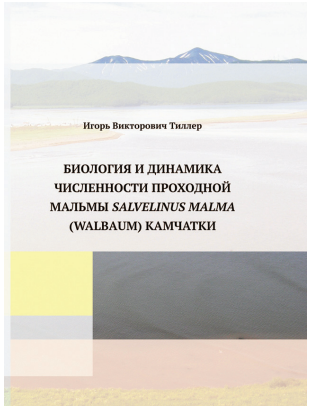


Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление. Сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 85-летию Камчатского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (3–6 октября 2017 г., Петропавловск-Камчатский). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2017. 398 с. — Научное электронное издание сетевого распространения: Размер файла 80Мб. Систем. требования: Intel; Microsoft Windows (XP, Vista, Windows 7,8, Mac OS); разрешение экрана не ниже 1024×768; PDF Reader.

DOI: 10.15853/978-5-902210-51-1. ISBN 978-5-902210-51-1

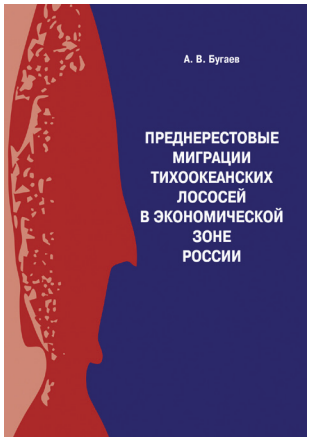
Сборник содержит материалы по следующим основным направлениям: воспроизводство и динамика запасов водных биологических ресурсов; методические аспекты мониторинга, оценки и прогнозирования состояния запасов водных биологических ресурсов, стратегии управления промыслом; популяционные и генетические исследования гидробионтов; условия среды обитания и экология гидробионтов; состояние и динамика водных сообществ в условиях возрастающего антропогенного воздействия; болезни гидробионтов и их профилактика; искусственное воспроизводство водных биологических ресурсов. Главный редактор — Ю.П. Дьяков, д. б. н., гл. н. с. КамчатНИРО.

Электронная версия доступна по ссылке: http://www.kamniro.ru/files/2017.pdf



Тиллер И.В. **Биология и динамика численности проходной *Salvelinus malma* (Walbaum) Камчатки.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2017. 96 с.

В монографии обобщены сведения, характеризующие биологию и динамику численности проходной мальмы Камчатки. Рассмотрены основные этапы жизненного цикла мальмы (сроки нереста, миграции, морской нагул). По материалам собственных исследований автором рассматриваются структура популяций и динамика ее элементов за многолетний период. Исследовано питание молоди мальмы в речной период жизни и взрослых рыб во время ската на морской нагул. Отмечено значительное потребление мальмой покатной молоди горбуши на северо-востоке Камчатки. Приведены данные о динамике вылова проходной мальмы на Камчатке. Проведена оценка смертности и состояния запасов этого вида на Камчатке.



Бугаев А.В. **Преднерестовые миграции тихоокеанских лососей в экономической зоне России.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2015. 416 с.

В представленной монографии рассмотрен заключительный этап морского периода жизни азиатских тихоокеанских лососей во время преднерестовых миграций в беринговоморских и тихоокеанских водах исключительной экономической зоны Российской Федерации (ИЭЗ РФ). Наблюдениями охвачен ряд 1995–2008 гг. В работе задействован массив многолетних данных, полученных в результате исследований, проводимых на дрифтерных судах в юго-западной части Берингова моря и северо-западной части Тихого океана. В сборе материала принимали участие сотрудники многих рыбохозяйственных НИИ Дальнего Востока и Москвы. Всего в работе использованы данные показателей контрольных уловов и биологических анализов, полученные в результате 177 рейсов российских и японских дрифтерных судов (7208 сетепостановок). Объектами исследований были пять видов тихоокеанских лососей — нерка, кета, горбуша, чавыча и кижуч. В процессе работы биоанализу подвергнуто около 140 тыс. рыб. Накопленная информация позволила рассмотреть важнейшие жизненные критерии созревающих тихоокеанских лососей — пространственно-темпоральное распределение и динамику уловов, основные биологические показатели, питание, внутривидовую структуру преднерестовых скоплений, а также выявить основные факторы, определяющие характер их преднерестовых миграций. Систематизирован массив биологических данных на уровне рассматриваемого 14-летнего периода дрифтерных наблюдений. Проведен сравнительный анализ полученной информации в связи с заметным ростом численности лососей, который был отмечен во всех регионах Северной Пацифики в начале 2000-х годов. В книгу включено много первичных данных, позволяющих их использовать в дальнейших исследованиях. Она адресована научным сотрудникам, занимающимся вопросами биологии морского периода жизни тихоокеанских лососей, экологам, студентам высших учебных заведений, работникам рыбохозяйственных предприятий и силовых структур, контролирующих воспроизводство и добычу лососей.



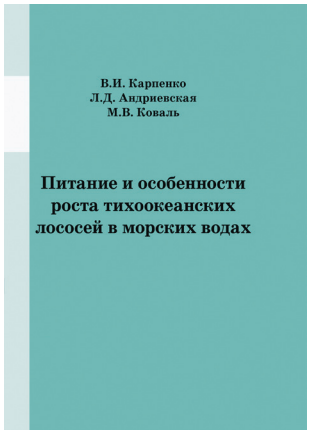
Современное состояние и методы изучения экосистем внутренних водоемов. Сборник материалов Всероссийской научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Игоря Ивановича Куренкова (7–9 октября 2015 г., Петропавловск-Камчатский). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2015. 235 с.

Один из основоположников пресноводной гидробиологии на Дальнем Востоке, Игорь Иванович был признанным ведущим специалистом в области изучения фаунистики лососевых нерестово-выростных водоемов. Он исследовал множество озер полуострова, и результатом стала уникальная работа — «Зоопланктон озер Камчатки». Изучение влияния вулканического пепла на биологическую продуктивность водных объектов воплотилось в идею фертилизации камчатских водоемов, которая затем была с успехом реализована, он также был «первооткрывателем» использования геотермальных вод при искусственном воспроизводстве лососей.

В честь И.И. Куренкова назван один из видов веслоногих ракообразных (Eurytemora kurenkovi), встречающийся в устьях камчатских рек и прибрежных озерах, и малощетинковый червь (Spirosperta kurenkovi), обитающий в озерах полуострова Камчатка. В окрестностях оз. Кроноцкого высокогорное бессточное озеро Крокур увековечило имена двух известных ученых — Е.М. Крохина и И.И. Куренкова.

Сборник содержит материалы по следующим основным направлениям: методы изучения внутренних водоемов; результаты применения методов прямого учета численности и математического моделирования в исследованиях пресноводных биоресурсов; условия обитания гидробионтов в экосистемах внутренних водоемов: гидрология, гидрохимия и геоморфология; сезонная и многолетняя динамика функционирования сообществ внутренних водоемов; биоразнообразие и продуктивность экосистем внутренних водоемов; антропогенное воздействие и проблемы сохранения экосистем внутренних водоемов; рыбохозяйственное использование внутренних водоемов для целей промышленного и любительского (спортивного) рыболовства, акклиматизации и аквакультуры.

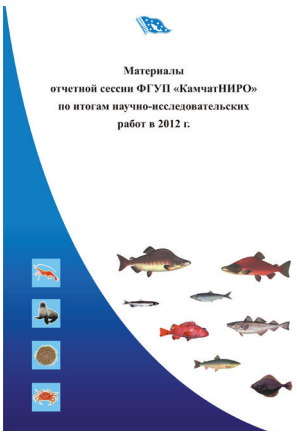
Электронная версия доступна по ссылке: www.kamniro.ru/publishing/kamniro/sovremennoe_sostoyanie_i_metody_izucheniya_ekosistem_vnutrennih_vodoemov



Карпенко В.И., Андриевская Л.Д., Коваль М.В. **Питание и особенности роста тихоокеанских лососей в морских водах.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2013. 304 с.

Монография представляет собой обобщение накопленной в лаборатории морских исследований лососей ФГУП «КамчатНИРО» многолетней архивной информации, а также результатов собственных исследований питания и роста тихоокеанских лососей в морской период жизни. В течение 50-летнего периода изучения использована единая методика сбора, обработки и анализа трофологических материалов.

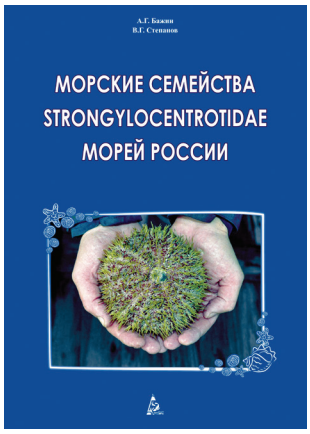
Описаны районы обитания лососей камчатских популяций и исследованы основные факторы среды, влияющие на их питание и рост в море. Для этого изучен состав пищи и оценены пищевые потребности пяти видов (горбуши, кеты, нерки, кижуча и чавычи) на отдельных этапах морского периода жизни. Изучена многолетняя динамика весового роста лососей, возвращающихся на нерест к побережью Камчатки. Исследованы межвидовые пищевые отношения лососей в море.



Материалы отчетной сессии ФГУП «КамчатНИРО» по итогам научно-иследовательских работ в 2012 г. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2013. 367 стр.

В сборник включены материалы, отражающие результаты исследований ученых разных поколений. Отдельно представлены итоги работы всех лабораторий института в 2012 г.: обобщены данные, полученные в результате исследования морских промысловых рыб, тихоокеанских лососей, промысловых беспозвоночных, а также проведения биохимических, генетических, морфологических и учетных работ.

Сборник предназначен для специалистов рыбохозяйственных НИИ, рыбопромышленников, студентов профильных вузов, органов рыбоохраны.



Бажин А.Г., Степанов В.Г. **Морские семейства Strongylocentrotidae морей России.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2012. 196 с.

Монография посвящена описанию основных биологических особенностей морских ежей семейства Strongylocentrotidae морей России, их видового состава, распространения, морфологии и изменчивости, процессов размножения и развития, экологии. Кроме того, содержит материалы о практическом использовании, технологиях переработки и особенностях промысла морских ежей и о некоторых аспектах их использования в научных целях.

Книга адресована биологам, специалистам по добыче и обработке морского биологического сырья, а также студентам рыбохозяйственных, биологических и рыбопромысловых факультетов и всем, интересующимся природой моря.



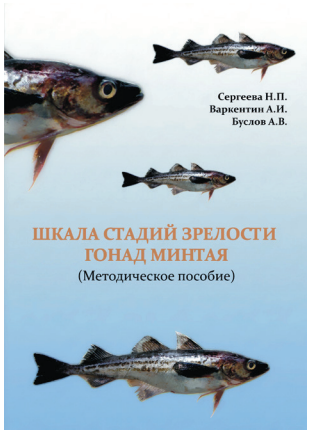
Снюрреводный лов. Под общ. ред. к.т.н., доцента М.Н. Коваленко / Коваленко М.Н., Широков Е.П., Малых К.М., Сошин А.В., Адамов А.А. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2012. 168 с.

В монографии рассмотрены вопросы становления и современного состояния технологии снюрреводного лова с судов среднего, малого и малого маломерного классов на Камчатке. Работа представляет собой обобщение накопленной в лаборатории промышленного рыболовства ФГУП «КамчатНИРО» информации о снюрреводном лове, а также результатов собственных исследований. Предназначена для специалистов добычи, судоводителей, конструкторов и научных сотрудников, занятых на промысле и проведении научно-исследовательских работ при лове донных видов рыб снюрреводами с судов среднего, малого и малого маломерного флота, а также студентов, обучающихся по специальностям «Промышленное рыболовство» и «Промысловое судовождение».



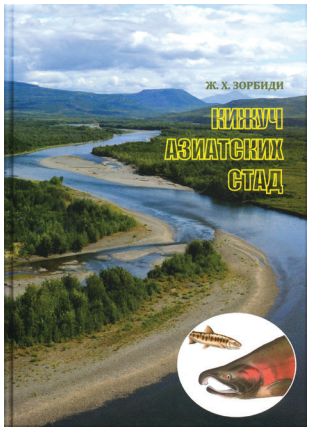
Дьяков Ю.П. **Камбалообразные (PLEURONECTIFORMES) дальневосточных морей России** (пространственная организация фауны, сезоны и продолжительность нереста, популяционная структура вида, динамика популяций). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2011. 428 с.

В монографии обобщены сведения о географической изменчивости фауны камбал в водоемах, омывающих дальневосточные берега России, изложены результаты исследования ее пространственной структуры. Рассмотрены особенности сезонного батиметрического и термического распределения представителей камбалообразных рыб в различных районах. Проведена классификация различных типов их распределения по глубинам. Установлено образование камбалами комплексов видов, местообитания которых характеризуются близкими глубинными и температурными условиями. Исследована географическая изменчивость сроков нереста у 56 видов камбалообразных рыб. Высказана гипотеза о наличии у камбал северной части Тихого океана двух адаптивных стратегий нереста. Построена общая концепция популяционной структуры тихоокеанского черного палтуса. Дана характеристика динамики численности популяций пяти массовых видов камбал восточной части Охотского моря. На основе ряда наблюдений построены математические модели популяционного роста численности и биомассы этих рыб, а также формирования численности их поколений в зависимости от некоторых популяционных и внепопуляционных факторов.



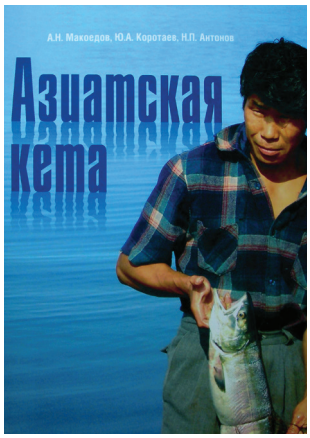
Сергеева Н.П., Варкентин А.И., Буслов А.В. **Шкала стадий зрелости гонад минтая.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2011. 92 с.

Минтай — наиболее значимый объект современного рыболовства в Дальневосточном регионе. На основании полученных авторами ранее результатов по исследованию особенностей полового созревания, оогенеза и сперматогенеза североохотоморского минтая приводится шкала стадий зрелости гонад минтая, включающая определение семи стадий, характеризующих развитие половых желез самок, и шести стадий — самцов. Дается описание величины и внешнего вида гонад, степени упругости, зернистости (самки), текучести семенной жидкости, ГСИ, состава и размеров ооцитов текущего фонда. Каждая выделенная стадия иллюстрируется характерным фотоизображением гонады в полости тела, извлеченной гонады, показаны вид ооцитов при просмотре с помощью бинокуляра и соответствующий стадии гистологический срез яичника и семенника. Также показаны изменения цвета и величины гонад в процессе созревания и нереста, характерные образы гонад разных стадий зрелости часто встречаемых оттенков цветов. Приводится словарь с пояснениями используемых терминов.



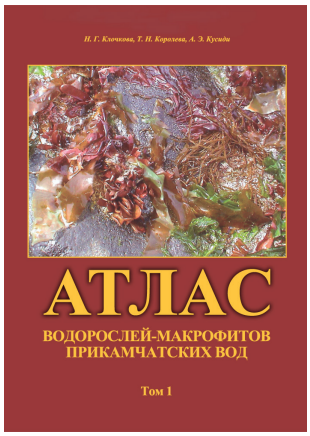
Зорбиди Ж.Х. **Кижуч азиатских стад.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2010. 306 с.

В монографии обобщены сведения о характере промысла азиатского кижуча Oncorhynchus kisutch в многолетнем аспекте и представлен ретроспективный анализ его особенностей за более чем 50-летний период. Приводятся данные официальной статистики берегового и японского морского промысла азиатского кижуча, сведения о вылове американских стад, результаты идентификации стад азиатского кижуча. Анализируются динамика численности, пропуск на нерестилища, состояние запасов в современный период и миграции кижуча в северо-западной части Тихого океана. Уточнены некоторые взгляды на характер его посткатадромных и преднерестовых миграций. По материалам собственных исследований и литературным источникам рассматриваются структура популяций и внутривидовая дифференциация кижуча, сроки нерестового хода, особенности нереста и экология развития в раннем онтогенезе, размерно-возрастной, половой состав нерестовых стад, качественные характеристики производителей и молоди. Выявлены изменения в структуре популяций кижуча, которые носят колебательный характер и, вероятно, вызваны не только изменениями условий среды, но и численностью самого вида. Особое внимание уделено результатам исследования биологии вида в естественных условиях. Представлены данные, характеризующие особенности экологии молоди кижуча в разных типах водоемов.



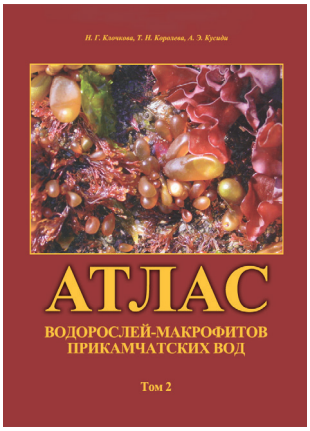
Макоедов А.Н., Коротаев Ю.А., Антонов Н.П. **Азиатская кета.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2009. 356 с.

Монографический обзор одного из наиболее ценных объектов рыболовства, кеты, в азиатской части ареала вида. Основное внимание сосредоточено на российских районах воспроизводства, поскольку более южные природные популяции кеты были почти полностью истреблены еще в начале XX века, отчего современный японский промысел ориентирован на лососей заводского происхождения. Приведены общая характеристика вида и основные этапы его изучения. Опираясь на собственные результаты исследований и литературные данные, подробно описана биология кеты из различных районов размножения. Рассмотрены особенности различных отрезков пресноводного и морского периодов жизни. Дана информация об истории развития и современном состоянии искусственного воспроизводства обсуждаемого вида тихоокеанских лососей. Рассмотрены абиотические, биотические, популяционные и антропогенные факторы, регулирующие численность и биомассу кеты. Приведены расчеты общей оценки выживаемости природных группировок данного вида. Большое внимание уделено вопросам, связанным с хозяйственным освоением азиатской кеты, и факторам, препятствующим рациональному ведению лососевого хозяйства в целом. Предложены рекомендации, направленные на устранение существующих недостатков.



Клочкова Н.Г., Королева Т.Н., Кусиди А.Э. **Атлас водорослей-макрофитов прикамчатских вод. Том 1.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2009. 218 с.

Даны описание и цветные иллюстрации внешнего вида и мест произрастания 32 зеленых (отдел Chlorophyta) и 58 бурых (отдел Phaeophyta) водорослей, встречающихся в прикамчатских водах. Специальную часть книги предваряют описание основных особенностей организации представителей отделов и характеристика местообитаний. В описаниях к видам указаны вариации формы, размеров и цвета слоевищ, их самые характерные морфологические и анатомические особенности. В эколого-биологическую характеристику включена информация об условиях произрастания, в том числе и антропогенном влиянии, сезонном развитии, распространении и ценотической роли вида в пределах камчатского района. Иногда описание распространения водорослей дается более широко: в пределах всех морей российского Дальнего Востока или Мирового океана. Для промысловых и массовых видов указаны возможные направления практического использования. Завершают книгу краткие сведения по состоянию промысла ламинарии в прикамчатских водах и очерк о благотворном влиянии на здоровье человека морских водорослей и продуктов их переработки.



Клочкова Н.Г., Королева Т.Н., Кусиди А.Э. **Атлас водорослей-макрофитов прикамчатских вод. Том 2.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2009. 304 с.

Даны описание и цветные иллюстрации внешнего вида и мест произрастания 132 видов красных водорослей (отдел Rhodophyta), встречающихся в прикамчатских водах. Специальную часть книги предваряет описание основных особенностей организации представителей отделов. В описаниях к видам указаны вариации формы, размеров и цвета слоевищ, их самые характерные морфологические и анатомические особенности. В эколого-биологическую характеристику включена информация об условиях произрастания, сезонном развитии, распространении и ценотической роли вида в пределах камчатского района. Иногда описание распространения водорослей дается более широко. Для промысловых и массовых видов указаны возможные направления практического использования. В книгу включены краткие рекомендации, касающиеся сбора водорослей на морском берегу и изготовления из них гербария и препаратов для изучения внутреннего строения растений.



Шагинян Э.Р. **Методические рекомендации по определению видового состава крабов и возможности их возвращения в среду обитания в прикамчатских водах.** Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2009. 32 с.

Краткое пособие для определения видового состава, степени жизнедеятельности крабов, а также возможности их возвращения в естественную среду обитания при производстве промысловых, исследовательских работ, а также для оперативной оценки работниками природоохранных учреждений возможного ущерба при незаконном промысле. Кратко освещены вопросы размножения, питания, миграций и промысла основных промысловых крабов прикамчатских вод. Основное внимание уделено морфологическим особенностям рассматриваемых видов с целью их видовой идентификации в полевых условиях. Даются рекомендации по определению жизнеспособности крабов и целесообразности их выпуска в среду обитания. Пособие подкреплено хорошо выполненными иллюстрациями.

Для приобретения изданий необходимо выслать (факсом или электронной почтой) заявку,
с указанием реквизитов, согласно которой будет выставлен счет на предоплату.
После оплаты счета заказанная литература отправляется почтой по указанному адресу.
Пересылка — за счет заказчика.

Адрес издательства Камчатского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КамчатНИРО»)
683000 Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18
Тел.: (4152) 412-701
E-mail: kamniro@vniro.ru

Научный рецензируемый журнал

«Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана»

Выпуск 65. 2022

ISSN 2072-8212
Журнал с 2010 года входит в Перечень ведущих рецензируемых научных изданий ВАК РФ.
С 29.12.2015 включен в новую редакцию Перечня

Главный редактор: А.В. Бугаев
Выпускающий редактор: Т.В. Борисова
Ответственный секретарь: М.В. Варкентин
Корректор: Т.В. Борисова
Перевод на английский: А.А. Шурыгина

Номер свидетельства о регистрации СМИ — ПИ № ФС 77-77203, дата регистрации 08.11.2019,
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Адрес редакции:
683000 Камчатский край, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18
Тел./факс: (4152) 41-27-01. E-mail: kamniro@vniro.ru, pressa@kamniro.ru

Учредитель:
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
Адрес учредителя: 105187, Москва, Окружной проезд, д. 19.
Тел.: +7 (499) 264-93-87. Факс: +7 (499) 264-91-87. E-mail: vniro@vniro.ru

Издатель:
Камчатский филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения
«Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»
(«КамчатНИРО»)
Адрес издателя: 683000 Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, д. 18.

Подписано в печать 20.12.2022. Дата выхода 26.12.2022, № 2 (65), 2022.
Формат 60×84/8. Печать офсетная.
Усл. печ. л.: 6,125. Заказ № КП00-6863. Тираж 300 экз. Цена свободная.

Отпечатано в Типографии ООО «Камчатпресс».
Адрес: 683024 Петропавловск-Камчатский, ул. Кроноцкая, д. 12а.