ISSN 2079-0333

ВЕСТНИК Камчатского государственного технического университета

Научный журнал

Основан в 2002 г.

16+

ВЫПУСК
64
2023

Издательство КамчатГТУ

Петропавловск-Камчатский

ISSN 2079-0333

ВЕСТНИК Камчатского государственного технического университета

Научный журнал

Основан в 2002 г.

Bulletin of Kamchatka State Technical University

Журнал включен в действующий Перечень рецензируемых научных изданий (ВАК РФ). Информация о включении журнала представлена на официальном сайте ВАК (http://vak.ed.gov.ru)

Journal is included in List of peer-reviewed publications (State Commission for Academic Degrees and Titles of the Russian Federation). Information is available on the official website of State Commission for Academic Degrees and Titles (http://vak.ed.gov.ru)

Журнал размещается в Научной электронной библиотеке (договор № 22-02/2011 R от 01.02.2011), в международной информационной системе по водным наукам и рыболовству ASFIS (Aquatic Sciences and Fisheries Information System) (соглашение от 17.05.2011)

Journal is indexed in Scientific electronic library (contract № 22-02/2011 R of 01.02.2011), in Aquatic Sciences and Fisheries International Information System ASFIS (agreement on 17.05.2011)

ВЫПУСК

64

2023

Петропавловск-Камчатский

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Клочкова Т.А. (главный редактор)	доктор биологических наук, доктор философии биологии (Ph.D.), профессор кафедры экологии и природопользования Камчатского государственного технического университета
Царенко С.Н. (научный редактор, технический раздел)	доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры технологических машин и оборудования Камчатского государственного технического университета
Ольхина О.В. (ответственный секретарь)	заведующий издательством Камчатского государственного технического университета
Белавина О.А. (технический секретарь)	кандидат химических наук, заведующий сектором патентования и научно-квалификационной деятельности отдела науки и инноваций Камчатского государственного технического университета
Артемова Е.Н.	доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии продуктов питания и организации ресторанного дела Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева
Богданов В.Д.	доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии продуктов питания Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета
Васильев М.В.	кандидат технических наук, капитан 1 ранга, начальник военного учебного центра при Камчатском государственном техническом университете
Водинчар Г.М.	кандидат физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Института космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук
Голохваст К.С.	доктор биологических наук, профессор РАН, член-корреспондент РАО, директор Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук
Йотсукура Н.	доктор философии биологии (Ph.D.), профессор, директор Морской станции Ошоро, научно-исследовательский центр по изучению северной биосферы Университета Хоккайдо (Япония)
Кадникова И.А.	доктор технических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник лаборатории безопасности и качества морского растительного сырья Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра
Ким Г.Х.	доктор философии биологии (Ph.D.), профессор, заведующий лабораторией альгологии Национального университета Конджу (Республика Корея)

Климова А.В. кандидат биологических наук, заведующий сектором коллективного использования научного оборудования научно-образовательного центра «Экология и природопользование» Камчатского государственного технического университета

Клочкова Н.Г. доктор биологических наук, главный научный сотрудник Камчатского филиала Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской академии наук

Лобков Е.Г. доктор биологических наук, профессор кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета

Максимова С. Н. доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии продуктов питания Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета

Манаков Ю.А. доктор биологических наук, заместитель директора по научной деятельности Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук

Потапов В.В. доктор технических наук, главный научный сотрудник Научно-исследовательского геотехнологического центра Дальневосточного отделения Российской академии наук

Приходько Ю.В. доктор технических наук, профессор, профессор Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» Дальневосточного федерального университета

Седова Н.А. доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета

Сенкевич Ю.И. доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Института космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук

Токранов А.М. доктор биологических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник Камчатского филиала Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской академии наук

Усов А.И. доктор химических наук, главный научный сотрудник Института органической химии имени Н.Д. Зелинского Российской академии наук

Швецов В.А. доктор химических наук, доцент, профессор кафедры энергетических установок и электрооборудования судов Камчатского государственного технического университета

ISSN 2079-0333

© КамчатГТУ, 2023
© Авторы, 2023

EDITORIAL BOARD

Klochkova T.A. (Editor-in-Chief)	Doctor of Biological Sciences, Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Professor of Ecology and Nature Management Chair, Kamchatka State Technical University
Tzarenko S.N. (Scientific Editor, technical sciences)	Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Professor of Technical Machines and Equipment Chair, Kamchatka State Technical University
Olkhina O.V. (Executive Secretary)	Head of Publishing House, Kamchatka State Technical University
Belavina O.A. (Technical Secretary)	Candidate of Chemical Sciences, Head of the Patenting and Scientific Qualification Activity Sector of Science and Innovation Department, Kamchatka State Technical University
Artemova E.N.	Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Food Technology and Organization of Restaurant Business Chair, Orel State University named after I.S. Turgenev
Bogdanov V.D.	Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Food Technology Chair, Far Eastern State Technical Fisheries University
Vasilev M.V.	Candidate of Technical Sciences, Captain 1st rank, Head of Military Training Center of Kamchatka State Technical University
Vodinchar G.M.	Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Leading Scientific Researcher of Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
Golokhvast K.S.	Doctor of Biological Sciences, Professor of Russian Academy of Sciences, Corresponding Member of Russian Academy of Education, Director of Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of Russian Academy of Sciences
Yotsukura N.	Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Professor, Director of Oshoro Marine Station, Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University (Japan)
Kadnikova I.A.	Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Chief Researcher, Laboratory of Safety and Quality of Marine Plant Materials, Pacific Research Fisheries Center
Kim G.H.	Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Professor, Head of Phycology Laboratory, Kongju National University (South Korea)

Klimova A.V. Candidate of Biological Sciences, Head of Sector of Collective Use of Scientific Equipment of the Scientific and Educational Center "Ecology and Nature Management", Kamchatka State Technical University

Klochkova N.G. Doctor of Biological Sciences, Chief Scientific Researcher of Kamchatka Branch of the Pacific Institute of Geography of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences

Lobkov E.G. Doctor of Biological Sciences, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair, Kamchatka State Technical University

Maksimova S.N. Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Food Technology Chair of Far Eastern State Technical Fisheries University

Manakov Yu.A. Doctor of Biological Sciences, Director Deputy for Scientific work of Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of Russian Academy of Sciences

Potapov V.V. Doctor of Technical Sciences, Chief Scientific Researcher of Research Geotechnological Center of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences

Prikhodko Yu.V. Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems", Far Eastern Federal University

Sedova N.A. Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair, Kamchatka State Technical University

Senkevich Y.I. Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Scientific Researcher of Institute of Cosmophysical Research and Radio Waves Propagation of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences

Tokranov A.M. Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher, Chief Scientific Researcher of Kamchatka Branch of the Pacific Institute of Geography of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences

Usov A.I. Doctor of Chemical Sciences, Chief Scientific Researcher of N.D. Zelinsky Institute of Organic Chemistry of Russian Academy of Sciences

Shvetsov V.A. Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Professor of Power Plants and Electrical Equipment of Ships Chair, Kamchatka State Technical University

ISSN 2079-0333

© KamchatSTU, 2023
© Authors, 2023

Содержание

РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Агунович Ю. А., Чмыхалова В. Б.
Разработка технологии шоколада с пищевыми обогатителями из морепродуктов.....8

РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Климова А.В., Клочкова Т.А., Болотова Р.Г.
Воздействие кобальта и меди на рост проростков бурой водоросли
Fucus distichus subsp. *evanescens* (Fucales, Phaeophyceae) 22

Седова Н.А.
Морфология второй личиночной стадии козырькового шримса
Argis ochotensis kamtschatica Sokolov, 2001 (Caridea, Crangonidae)
из Авачинского залива (Юго-Восточная Камчатка).....32

Лобков Е.Г., Дубынин В.А.
Корреляционные связи между численностью производителей
нерки (*Oncorhynchus nerka*) и зимующих белоплечих орланов (*Haliaeetus pelagicus*)
на озере Курильском (Южная Камчатка).....43

Матвеев А.А., Варкентин А.И.
Доминирующие виды донного и придонного ихтиоцена западнокамчатского шельфа:
размерные характеристики.....53

Токранов А.М., Железняк М.Ю.
Питание и внутривидовые пищевые взаимоотношения
бурого морского петушка *Alectrias alectrolophus* (Stichaeidae)
в приливно-отливной зоне Авачинской губы (Юго-Восточная Камчатка).....76

Правила направления, рецензирования и опубликования рукописей статей.....90
Правила оформления рукописей статей.....94

Contents

SECTION I. TECHNICAL SCIENCES

Agunovich Yu. A., Chmyhalova V. B.
Development of chocolate technology with seafood food additives 8

SECTION II. BIOLOGICAL SCIENCES

Klimova A.V., Klochkova T.A., Bolotova R.G.
Cobalt and copper effect on germlings growth of brown alga
Fucus distichus subsp. *evanescens* (Fucales, Phaeophyceae) 22

Sedova N.A.
Morphology of the second larvae stage of shrimps
Argis ochotensis kamtschatica Sokolov, 2001 (Caridea, Crangonidae)
from the Avachinsky gulf (Southeast Kamchatka).....32

Lobkov E.G., Dubynin V.A.
Correlation between the number of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*)
producers and wintering steller's sea eagles (*Haliaeetus pelagicus*)
on lake Kurilskoye (Southern Kamchatka) 43

Matveev A.A., Varkentin A.I.
Bottom and near-bottom ichthiocene dominant species of Western Kamchatka shelf:
size composition.....53

Tokranov A.M., Zheleznyak M.Yu.
Feeding and intra-species food relationships
of stone cockscomb *Alectrias alectrolophus* (Stichaeidae)
in the intertidal zone of Avacha Bay (South-Eastern Kamchatka).....76

Regulations for manuscript preparation, review and publication.....90
Manuscripts guidelines.....94

УДК 663.91 DOI: 10.17217/2079-0333-2023-64-8-21

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ШОКОЛАДА С ПИЩЕВЫМИ ОБОГАТИТЕЛЯМИ ИЗ МОРЕПРОДУКТОВ

Агунович Ю. А., Чмыхалова В. Б.

Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35.

В последние годы рост производства и потребления шоколада диктует необходимость коррекции состава популярного продукта путем обогащения его белками, минеральными веществами и витаминами и замены сахара на подсластитель неуглеводной природы. В статье приведены результаты разработки технологии шоколада с обогащающими ингредиентами на основе морепродуктов: с порошком кукумарии и с пищевым обогатителем «КальмаКS» на основе покровных тканей кальмара. Установлено оптимальное количество вносимых обогатителей – 5%, определена оптимальная последовательность обработки исходного сырья. Определена пищевая ценность готового продукта, его энергетическая ценность. Степень удовлетворения суточной потребности в белке при употреблении 100 г шоколада составляет 15%, в жире 29%, в углеводах 11,8%, в энергии 15,4%. В результате работы установлен срок годности 50 суток и условия хранения шоколада – при температуре хранения не выше 18ºС.

Ключевые слова: кукумария, морепродукты, покровные ткани кальмара, шоколад.

DEVELOPMENT OF CHOCOLATE TECHNOLOGY WITH SEAFOOD FOOD ADDITIVES

Agunovich Yu. A., Chmyhalova V. B.

Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Klyuchevskaya str., 35.

In recent years, growth in the production and consumption of chocolate dictates the need to correct composition of the popular product by enriching it with proteins, minerals and vitamins and replacing sugar with a non-carbohydrate sweetener. The article presents the results of the development of technology of chocolate with enriching ingredients based on seafood: with cucumaria powder and with the food fortifier "Kalmaks" based on the integumentary tissues of squid. The optimal amount of introduced concentrators is 5%, the optimal sequence of processing of the raw materials is determined. The nutritional value of the finished product and its energy value are determined. The degree of satisfaction of the daily protein requirement when consuming 100 g of chocolate is 15%, in fat 29%, in carbohydrates 11.8%, in energy 15.4%. As a result of the work, the shelf life of 50 days and the storage conditions of chocolate are set at a storage temperature not higher than 18º.

Key words: cucumaria, seafood, squid integument, chocolate.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы структура кондитерской промышленности России претерпела значительные изменения. Произошла реструктуризация в ассортименте шоколадной продукции, сахаристых и мучных кондитерских изделий, изменились объемы выпуска различных групп кондитерской продукции. Так, объем выпуска шоколада увеличился в два раза [Кайшев, 2018]. Рост производства шоколада сопровождается изменением ассортимента шоколадных изделий и состава шоколадных масс. Ассортимент шоколада очень разнообразен, и постоянно ведется работа по его расширению. Производители шоколада считают перспективным обогащать шоколад ценными нутриентами. На рынке шоколадных изделий появляются изделия с добавками растительного и животного происхождения, изменяющие калорийность изделий и обогащающие шоколад недостающими компонентами: белками, пробиотиками, пищевыми волокнами. Большинство шоколадных изделий содержат такие обогатительные добавки, как злаковые хлопья, соль, орехи, сухофрукты, пряности.

Подобные изменения оправданны: они позволяют снизить калорийность изделий за счет уменьшения количества быстрых углеводов в составе шоколада и внести в него либо неусваиваемые компоненты (клетчатку), либо обогащающие (белковые, витаминные, минеральные) добавки.

Шоколадом может называться только продукт, получаемый из какао-продуктов и сахара, в состав которого входит не менее 35% общего сухого остатка какао-продуктов, в том числе не менее 18% масла какао и не менее 14% сухого обезжиренного остатка какао-продуктов [ГОСТ Р 53041-2008, 2009]. Шоколад, в составе которого присутствуют только какао-масло, какао тертое и сахар, является шоколадом без добавок. Шоколад с добавками кроме перечисленных компонентов содержит различные обогащающие и вкусовые ингредиенты.

Для производства шоколада используют добавки двух видов:

– добавки, в составе которых присутствует свободный жир; вводимое количество таких добавок должно быть небольшим, они образуют устойчивую эмульсию с маслом какао и изменяют реологические свойства шоколадной массы;

– добавки, в которых свободный жир отсутствует; их внесение в состав рецептурной смеси допустимо в больших количествах. Помимо вкусовой и обогащающей функции они существенно снижают стоимость шоколада, так как уменьшают расход какао-бобов [Скобельская, Горячева, 2002].

Классификация шоколадных масс приведена на рисунке 1.

Для обогащения шоколада в настоящее время используют множество добавок, таких как кукурузная мука, шиповник, ягоды лимонника, пастернак, имбирь, экстракты солодки и мужского корня, водно-спиртовая настойка биомассы женьшеня, CO_2-экстракт корня дальневосточного женьшеня *Panax ginseng* C.A. Meyer, ламинария, чеснок, сыр, гидробионты (морской еж, трепанг, морской гребешок) и другие [Патент 2061311 РФ, Патент 2465777 РФ, Патент 2548466 РФ, Патент 2548467 РФ, Патент 2548487 РФ, Патент 2606822 РФ, Патент 2633555 РФ, Патент 2652998 РФ, Патент 2679714 РФ, Патент 2710355 РФ, Патент 2735420 РФ, Патент 2749358 РФ, Патент 2749833 РФ, Патент 2752758 РФ].

Недостатками шоколада являются значительная калорийность (540–580 ккал) и высокое содержание сахара (35–50%). Разработчики новых рецептур предпринимают попытки снизить количество сахара

в шоколаде или заменить сахар на подсластители. С этой целью используют спирты, обладающие сладким вкусом (ксилит, сорбит, маннит, лактит), неуглеводные подсластители (стевиозид, сукралоза, аспартам), полисахариды (инулин). Поскольку сахарные спирты перевариваются лишь частично, у некоторых людей они могут вызывать абдоминальный газ и дискомфорт. Употребление слишком большого количества пищи, содержащей сахарный спирт, может оказать слабительное действие. Поэтому в технологии пищевых продуктов они используются ограниченно.

Современной тенденцией в производстве шоколадных изделий является обеспечение выпуска функциональной продукции. Потребители заинтересованы в «дополнительной пользе» пищи. Диетологи считают перспективным использование в рецептуре шоколадных масс инулина. Инулин является натуральным пребиотиком, он **с**тимулирует рост и размножение полезной микрофлоры, подавляет развитие болезнетворных микроорганизмов в желудочно-кишечном тракте. Способствует нормализации микрофлоры кишечника, профилактике дисбактериоза и укреплению иммунитета.

Для добавления инулина в продукцию чаще вносят не изолированный препарат, а инулинсодержащее растительное сырье (цикорий, агаву, топинамбур). В порошке топинамбура содержание инулина составляет 47% массы углеводной фракции, фруктозы 35,4%. Пищевые волокна в топинамбуре содержатся в количестве 17,3% от общей массы, в том числе пектин – 3,9%, протопектин – 8,4%, целлюлоза – 4,8% [Потапова, 2017]. Приведенные данные подтверждают целесообразность внесения топинамбура в состав шоколадных масс.

Таким образом, актуальными направлениями в производстве шоколада являются снижение калорийности продукции, уменьшение количества сахара или отказ от него, внесение обогащающих добавок, выполняющих функциональное действие.

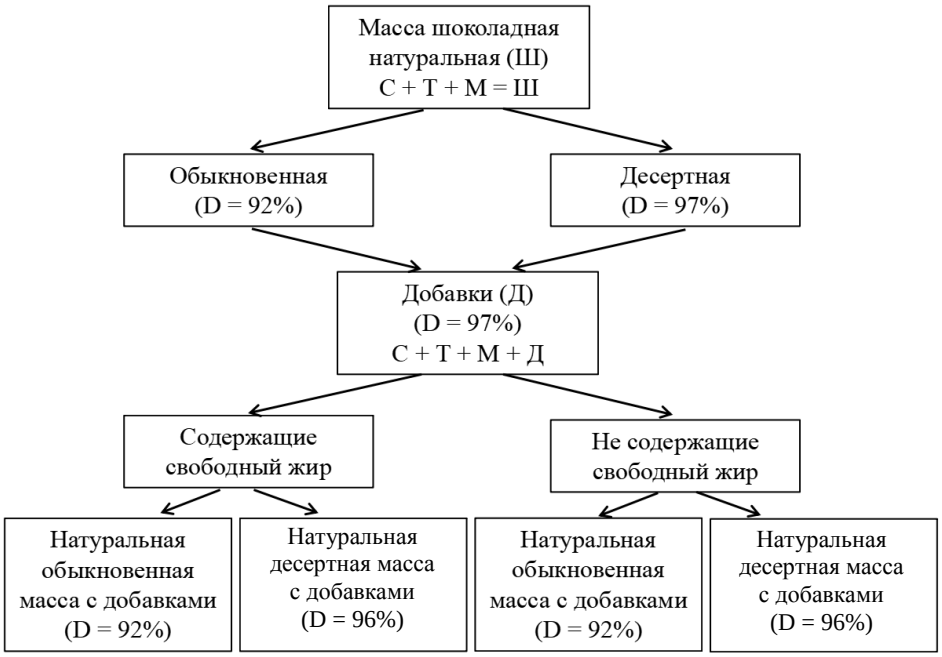

Рис. 1. Виды шоколадных масс

Fig. 1. Types of chocolate masses

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе рассматривается возможность применения пищевых обогатителей в виде порошков из кукумарии и покровных тканей кальмара («КальмаKS») при производстве шоколада. Внесение таких ингредиентов позволит обогатить шоколад ценными веществами (белком, витаминами, минеральными веществами), которые содержатся в морепродуктах.

При разработке рецептур шоколада сахар заменяли сиропом топинамбура, в качестве обогатителей использовали порошки кукумарии и покровных тканей кальмара («КальмаKS») в количестве 5 и 10% от массы готовых изделий.

В качестве рецептурных компонентов использовали следующее сырье:

– какао тертое по ГОСТ 34071-2017 «Какао тертое. Технические условия» [ГОСТ 34071-2017, 2017];

– масло какао по ГОСТ 34072-2017 «Масло какао. Технические условия» [ГОСТ 34072-2017, 2017];

– сироп топинамбура – производитель ИП Азоян Е.Н.

Рецептуры образцов шоколада приведены в таблице 1.

Из рецептурных компонентов изготавливали образцы шоколада следующим образом.

Масло какао и какао тертое в виде блоков (марка Callebout) измельчали в блендере и загружали в чашу для смешивания с другими ингредиентами (при использовании сырья в виде стружки, крошки, в дисках или каллетах измельчение не требуется).

Измельченное сырье смешивали и растапливали в микроволновой печи короткими импульсами (10–15 секунд), после каждого цикла массу тщательно перемешивали, температуру доводили до 42–45ºС. Затем массу охлаждали до 33–35ºС, постоянно помешивая, вводили сироп топинамбура комнатной температуры, тщательно вымешивали шоколадную массу до однородности и до достижения температуры 27ºС, при этом постепенно вводили обогатитель из морепродуктов (порошок кукумарии или «КальмаKS»). Контрольный образец готовили без добавок.

Полученные образцы шоколадных масс нагревали в микроволновой печи до температуры 29–30ºС, затем формовали шоколад путем розлива в формы (предварительно подогретые до 30ºС) и последующего охлаждения в течение 1,5–2 часов при температуре окружающего воздуха 16–18°С. Структура шоколадной массы формируется в два этапа. На первом этапе происходит «схватывание» шоколада, на втором – застывание. Процесс «схватывания» массы продолжается 30 минут, после чего для сокращения срока застывания шоколада формы с полуфабрикатом можно переместить в холодильник, где результат будет получен также за 30 минут.

Таблица 1. Рецептуры образцов шоколада

Table 1. Recipes of chocolate samples

Наименование компонента	Расход, г на 1 000 г				
	Образец 1 (контрольный)	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Какао тертое	500	475	450	475	450
Масло какао	250	237,5	225	237,5	225
Сироп топинамбура	250	237,5	225	237,5	225
Порошок кукумарии	–	50	100	–	–
«КальмаKS»	–	–	–	50	100
Выход	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000

Компоненты рецептурной смеси перемешивали и гомогенизировали в смесителе, полученный полуфабрикат представлял собой однородную пластичную массу без нерастертых включений температурой 35–42ºС [Скобельская, Горячева, 2002].

Полученную шоколадную массу подавали в мельницу, где происходило тонкое измельчение какао тертого, при этом площадь поверхности частиц многократно увеличивалась, и на этой поверхности поглощалось какао-масло, находящееся в смеси в свободном состоянии. Механическая обработка приводит к изменению реологических характеристик шоколадной массы – она становится сухой, рассыпчатой.

Для получения шоколадных масс необходимой консистенции с определенными реологическими показателями осуществляют их разведение, гомогенизацию и конширование.

Разведение позволяет регулировать содержание какао-масла в продукте. Для осуществления процесса к шоколадной массе, находящейся в коншмашине, добавляют какао-масло. Количество добавляемого масла рассчитывают, исходя из его содержания в продукте 30–32%. При этом учитывают начальное содержание масла в смеси.

Пробы для проведения исследований отбирали и готовили, руководствуясь ГОСТ 5904-2019 «Изделия кондитерские. Правила приемки и методы отбора проб» [ГОСТ 5904-2019, 2019].

При характеристике органолептических показателей руководствовались ГОСТ 5897-90 «Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей» [ГОСТ 5897-90, 2012].

Для оценки качественных показателей продукта и установления степени их изменения при хранении определяли следующие химические показатели: массовую долю углеводов, липидов, белков, минеральных компонентов. Определения проводили по методикам, приведенным в ГОСТ 31902-2012 «Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли жира», ГОСТ 5901-2014 «Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли золы и металломагнитной примеси», ГОСТ 5900-2014 «Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ», ГОСТ 34551-2019 «Изделия кондитерские. Метод определения массовой доли белка» [ГОСТ 31902-2012, 2014; ГОСТ 5901-2014, 2015; ГОСТ 5900-2014, 2015; ГОСТ 34551-2019, 2019]. Количество углеводов в продукции определили косвенным методом.

При установлении срока годности продукции определяли изменение органолептических, химических и микробиологических показателей образцов при хранении. Наиболее наглядно процесс деградации качества шоколада демонстрируют следующие химические показатели: содержание азота летучих оснований (АЛО) (что отражает состояние обогатителей из морепродуктов) и перекисное число жира.

При микробиологической оценке проводили определение бактерий группы кишечной палочки (БГКП), сальмонелл, плесеней, дрожжей, значения КМАФАнМ. Пробы отбирали и готовили согласно требованиям ГОСТ 26669-85 «Продукты пищевые и вкусовые. Подготовка проб для микробиологических анализов», ГОСТ 31659-2012 «Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*», ГОСТ 31747-2012 «Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий)», ГОСТ 10444.12-2013 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов», ГОСТ 32751-2014 «Изделия

кондитерские. Методы отбора проб для микробиологических анализов», ГОСТ 10444.15-94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов» [ГОСТ 26669-85, 2010; ГОСТ 31659-2012, 2014; ГОСТ 31747-2012, 2013; ГОСТ 10444.12-2013, 2014; ГОСТ 32751-2014, 2015; ГОСТ 10444.15-94, 2010].

Полученные величины микробиологических показателей сравнивали с нормативными значениями, приведенными в Техническом регламенте Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» [ТР ТС 021/2011].

Установление срока годности продукта проводили в соответствии с МУК 4.2.1847 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов» [МУК 4.2.1847, 2004].

Для установления достоверности приведенных показателей использовали методы статистики и графоаналитики. Данные систематизировали и обобщали с помощью программы операционной системы Astra Linux. Были определены средние арифметические величины и установлена величина погрешности определений. Достоверность полученных результатов проверяли графоаналитически и статистически. Статистическая обработка заключалась в определении средних величин показателей и погрешности. Доверительный интервал составляет Δ±10%, надежность *P* 0,95.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Органолептическую (сенсорную) оценку продукта осуществляли в процессе дегустации. Оцениваемыми параметрами были общее впечатление, внешний вид, консистенция, вкус, запах, степень проявления вкуса и запаха добавок.

Результаты органолептической оценки образцов шоколада представлены в таблице 2.

Сводная диаграмма по итогам сенсорной оценки представлена на рисунке 2.

Профилограммы сенсорных свойств шоколада приведены на рисунке 3.

Таблица 2. Результаты органолептической оценки образцов шоколада, средний балл

Table 2. Results of organoleptic evaluation of chocolate samples, average score

Наименование показателя	Образец 1 (контрольный)	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Внешний вид	4,95	4,77	4,91	4,82	4,87
Вкус	4,5	3,76	3,41	4,05	3,70
Аромат	4,73	4,05	4,55	4,41	4,5
Консистенция	4,77	4,41	4,23	4,45	4,45
Степень проявления вкуса и запаха вносимого ингредиента	1,73	4,05	4,18	4,27	4,36
Степень сладости	3,32	3,23	3,5	3,32	3,45
Общее впечатление	4,32	4,05	3,82	4,14	3,79

Примечание. Более высокому качеству соответствует более высокий балл.

Note. A higher quality corresponds to a higher score.

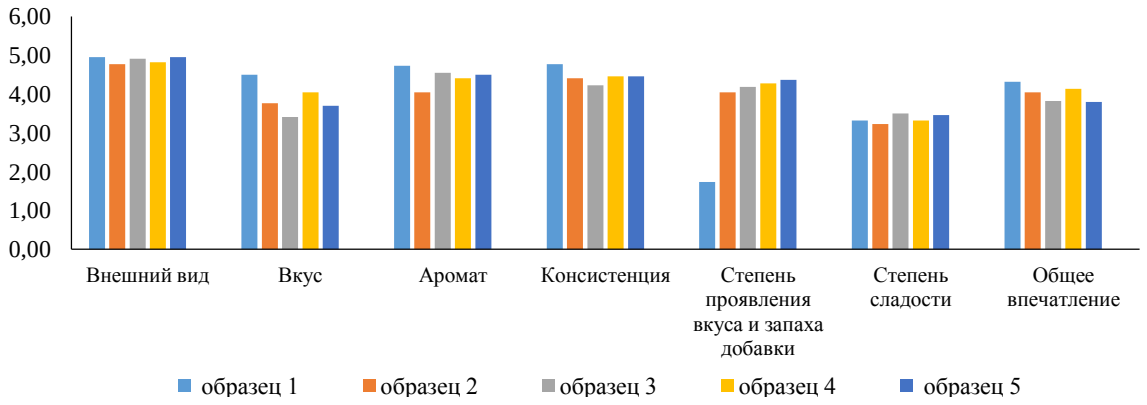

Рис. 2. Результаты дегустации темного шоколада на сиропе топинамбура с обогатителями из морепродуктов

Fig. 2. The results of tasting dark chocolate made with Jerusalem artichoke syrup with seafood fortifiers

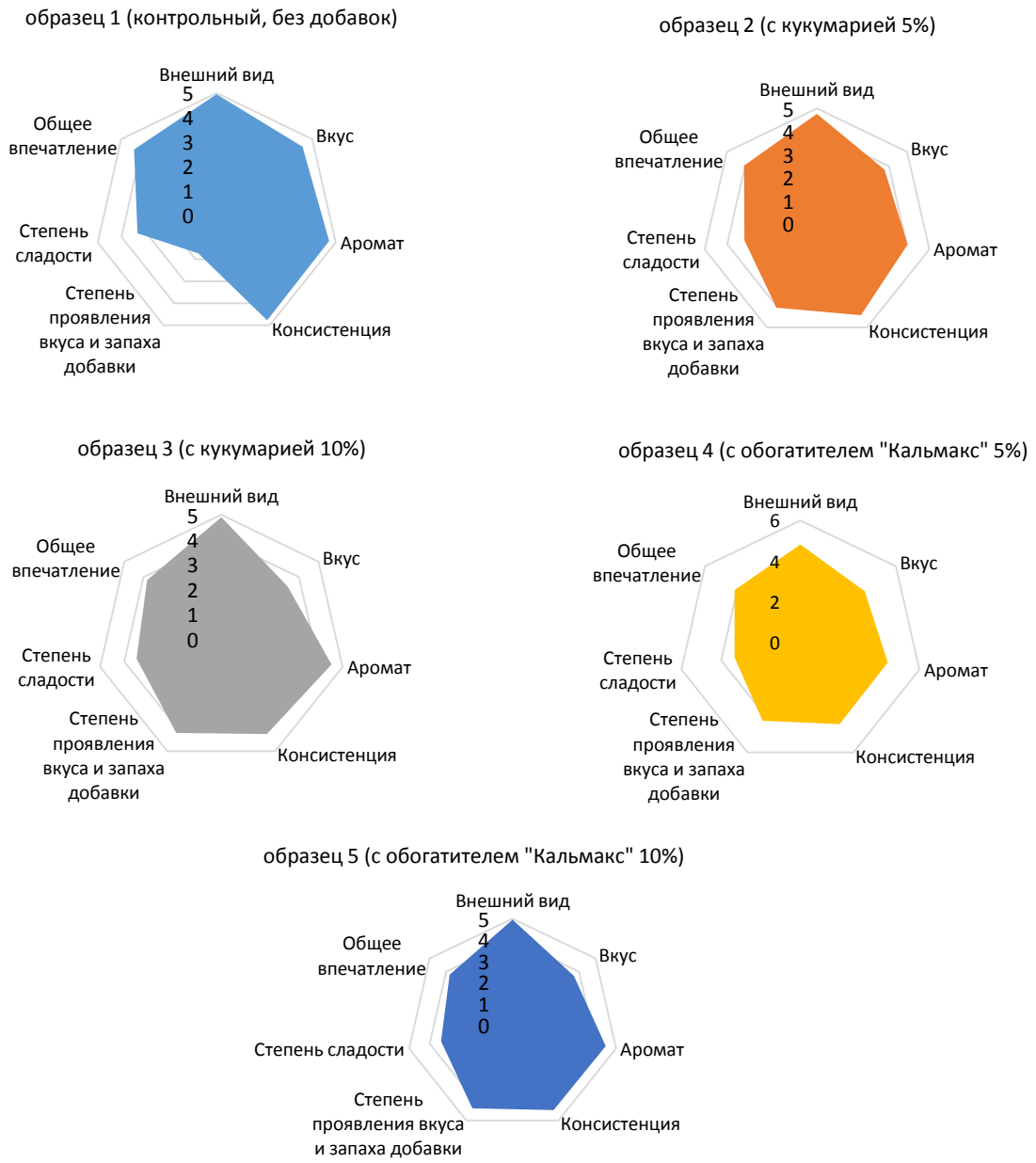

Рис. 3. Профилограммы сенсорных характеристик шоколада

Fig. 3. Profilograms of sensory characteristics of chocolate

Как видно из таблицы 2 и рисунков 2 и 3, шоколад без обогатителей, а также шоколад с добавлением порошка морепродуктов имел хорошие органолептические характеристики. При этом органолептические свойства образцов с концентрацией обогатителя 10% оказались незначительно ниже по сравнению с показателями образцов, имеющих концентрацию 5%. Таким образом, по результатам органолептической оценки принимаем рациональную дозировку пищевых обогатителей из морепродуктов 5% от массы готового шоколада.

Подобранная дозировка позволяет получить приятный гармоничный вкус.

Применение обогатителей из кукумарии и кальмара при производстве шоколада позволит повысить содержание белка, минеральных веществ, витаминов в продукте, при этом получить изделия с новыми вкусовыми характеристиками.

Результаты исследования химического состава продукции приведены в таблице 3.

Содержание углеводов (*У*, %) вычисляли по следующей формуле:

$$У = 100 - В - Ж - М, \qquad (1)$$

где *В* – массовая доля воды в продукте, %;

Ж – массовая доля жира, %;

Б – массовая доля белка, %;

М – массовая доля минеральных веществ, %.

Энергетическую ценность (*Э*, ккал) вычисляли по формуле

$$Э = Б \times 4 + Ж \times 9 + У \times 4. \qquad (2)$$

Результаты подсчета энергетической ценности исследуемых образцов показаны в таблице 4.

Таблица 3. Химический состав образцов шоколада

Table 3. Chemical composition of chocolate samples

Наименование образца	Содержание, %			
	воды	жира	белка	минеральных веществ
О-1 (контрольный)	16,2	32,0	15,2	0,84
О-2	17,5	21,8	13,0	0,78
О-3	17,6	23,3	11,7	0,8
О-4	17,4	23,1	12,3	0,81
О-5	16,8	22,1	12,8	0,82

Таблица 4. Показатели пищевой и энергетической ценности на 100 г продукта

Table 4. Indicators of nutritional and energy value per 100 g of product

Наименование образца	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г	Энергетическая ценность, ккал
О-1 (контрольный)	15,2	32,0	35,76	491,8
О-2	13,0	21,8	46,92	435,9
О-3	11,7	23,3	46,6	442,9
О-4	12,3	23,1	46,39	442,7
О-5	12,8	22,1	47,48	440,0

Из данных таблиц 3 и 4 можно сделать вывод, что пищевая и энергетическая ценность шоколада высока благодаря присутствию в составе ценных пищевых компонентов: углеводов, жира, белка и минеральных веществ. Опытные образцы шоколада ввиду низкой по сравнению с контрольным образцом жирности имеют меньшую энергетическую ценность.

Степень удовлетворения суточной потребности в основных веществах и энергии определяли по следующей формуле

$$ИС = \frac{C_1}{C_2} \cdot 100\%, \qquad (3)$$

где C_1 – содержание, соответственно, белков, жиров, углеводов в 100 г продукта;

C_2 – требуемое для суточного потребления количество вещества по формуле сбалансированного питания.

Формула сбалансированного питания приведена в таблице 5.

Степень удовлетворения в основных веществах и энергии при употреблении 100 г шоколада представлена в таблице 6.

Для установления срока годности опытных образцов шоколада их хранили в сухом проветриваемом помещении при температуре не выше 18ºС.

В соответствии с МУК 4.2.1847 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов» [МУК 4.2.1847, 2004] контрольными точками для определения качественных показателей были 30-е, 60-е и 69-е сутки хранения.

Результаты сенсорной оценки качественных показателей шоколада при хранении продемонстрировали положительные органолептические характеристики в контрольном образце на протяжении 60 суток, в опытных образцах – 69 суток. По истечении указанных периодов у образцов появлялись признаки порчи – запах и слабый привкус прогорклости. Таким образом, у опытных образцов положительные органолептические характеристики сохранялись немного дольше, это связано с меньшим содержанием жира в образцах и антиоксидантным действием инулина, входящего в состав топинамбура.

Таблица 5. Формула сбалансированного питания

Table 5. Balance dnutrition formula

Показатель	Суточная потребность
Белки, г	80–100
Углеводы, г	400–450
Жиры, г	80–100
Энергетическая ценность, ккал	2 850

Таблица 6. Степень удовлетворения в основных веществах и энергии при употреблении 100 г шоколада

Table 6. The degree of satisfaction in basic substances and energy when consuming 100 g of chocolate

Наименование образца	Степень удовлетворения, %			
	в белке	в жире	в углеводах	в энергии
О-1 (контрольный)	19,0	40,0	8,9	17,3
О-1	16,3	27,3	11,7	15,3
О-2	14,6	29,1	11,7	15,5
О-3	15,4	28,9	11,6	15,5
О-4	16,0	27,6	11,9	15,4
О-5	15,9	27,4	11,8	15,3

Для определения изменений, происходящих в белках и жирах, исследовали накопление химических веществ, характеризующих степень этих изменений – азота летучих оснований, перекисного числа жира. Результаты исследований приведены в таблице 7.

Из результатов таблицы 7 видно, что у контрольного образца увеличение перекисного числа жира в процессе хранения происходило более интенсивно, по сравнению с опытными образцами, это, очевидно, связано с большим содержанием жира в контрольном образце. Изменения белковых веществ происходили примерно на одинаковом уровне у всех образцов, о чем свидетельствуют значения количества азота летучих оснований.

Для контрольного и опытных образцов исследовали изменения микробиологических показателей в процессе хранения – значений КМАФАнМ, количества плесеней, бактерий группы кишечной палочки, сальмонелл. Результаты исследований приведены в таблице 8.

Таблица 7. Изменение химических показателей шоколада в процессе хранения

Table 7. Changes in the chemical parameters of chocolate during storage

Наименование показателей	Продолжительность хранения, сут	КО	О-1	О-2	О-3	О-4	О-5
Перекисное число жира, %J_2 на 1 г жира	0	0,011	0,009	0,01	0,01	0,009	0,009
	30	0,011	0,009	0,01	0,01	0,009	0,009
	60	0,015	0,012	0,014	0,013	0,012	0,013
	69	0,021	0,015	0,017	0,016	0,015	0,016
Азот летучих оснований, мг%	0	9,6	9,4	9,5	9,5	9,4	9,4
	30	9,8	9,5	9,7	9,6	9,6	9,5
	60	11,3	10,9	11,1	11,0	10,8	11,0
	69	16,3	15,2	15,7	15,6	15,2	15,3

Таблица 8. Изменение микробиологических показателей шоколада в процессе хранения

Table 8. Changes in microbiological parameters of chocolate during storage

Наименование показателей	Продолжительность хранения, сут	КО	О-1	О-2	О-3	О-4	О-5
КМАФАнМ, КОЕ/г	0	$8,4\times10^2$					
	30						
	60						
	69	$5,2\times10^3$	$5,2\times10^3$	$5,3\times10^3$	$5,3\times10^3$	$5,1\times10^3$	$5,3\times10^3$
Плесени, КОЕ/ г	0	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	30	<10	<10	<10	<10	<10	<10
	60	<20	<20	<20	<20	<20	<20
	69	>50<60	>50<60	>50<60	>50<60	>50<60	>50<60
Дрожжи, КОЕ/ г	0	0	0	0	0	0	0
	30	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	60	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	69	<10	<10	<10	<10	<10	<10
БГКП, в 1 г	1–69	Не обнаружены					
Сальмонеллы, в 25 г	1–69	Не обнаружены					

Значение КМАФАнМ в соответствии с ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» не должно превышать 5×10^3 КОЕ/г, количество плесеней – не более 50 КОЕ/г, дрожжей – не более 10 КОЕ/г, БГКП – не допускаются в 1 г, сальмонеллы – не допускаются в 25 г.

В соответствии с МУК 4.2.1847 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов», для продуктов, предполагаемый срок годности которых составляет более 30 суток, значение коэффициента резерва составляет 1,2 [МУК 4.2.1847, 2004].

Показатели, обобщенные в таблице 8, позволяют судить о характере изменений микробиологических показателей шоколада при хранении. Спустя 60 суток хранения у всех образцов наблюдалось превышение допустимых значений КМАФАнМ и количества плесеней. Количество дрожжей находилось в допустимых пределах, а БГКП и сальмонеллы не были обнаружены на протяжении всего периода исследований.

Таким образом, по результатам проведенных исследований, с учетом коэффициента резерва, установили срок годности шоколада – 50 суток при температуре хранения не выше 18ºС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные эксперименты позволили разработать новый продукт – шоколад с обогатителями морепродуктов без сахара, содержащий натуральный пребиотик инулин, который стимулирует рост и размножение полезной микрофлоры, подавляет развитие болезнетворных микроорганизмов в желудочно-кишечном тракте, способствует нормализации микрофлоры кишечника, профилактике дисбактериоза и укреплению иммунитета.

Благодаря используемым ингредиентам в составе шоколадной массы снизилась калорийность продукта, произошла замена сахара на подсластитель, не содержащий сахарозу, увеличен срок годности готового продукта. Ввиду уникального химического состава продукт будет интересен для потребителей всех возрастных групп, включая детей и больных диабетом.

ЛИТЕРАТУРА

ГОСТ 10444.12-2013. 2014. Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов. Москва: Стандартинформ. 12 с.

ГОСТ 10444.15-94. 2010. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов. Москва: Стандартинформ. 7 с.

ГОСТ 26669-85. 2010. Продукты пищевые и вкусовые. Подготовка проб для микробиологических анализов. Москва: Стандартинформ. 10 с.

ГОСТ 31659-2012. 2014. Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*. Москва: Стандартинформ. 25 с.

ГОСТ 31747-2012. 2013. Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). Москва: Стандартинформ. 20 с.

ГОСТ 31902-2012. 2014. Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли жира. Москва: Стандартинформ. 21 с.

ГОСТ 32751-2014. 2015. Изделия кондитерские. Методы отбора проб для микробиологических анализов. Москва: Стандартинформ. 10 с.

ГОСТ 34071-2017. 2017. Какао тертое. Технические условия. Минск: Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 12 с.

ГОСТ 34072-2017. 2017. Масло какао. Технические условия. Минск: Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 16 с.

ГОСТ 34551-2019. 2019. Изделия кондитерские. Метод определения массовой доли белка. Москва: Стандартинформ. 13 с.

ГОСТ 5897-90. 2012. Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей. Москва: Стандартинформ. 8 с.

ГОСТ 5900-2014. 2015. Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ. Москва: Стандартинформ. 13 с.

ГОСТ 5901-2014. 2015. Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли золы и металломагнитной примеси. Москва: Стандартинформ. 12 с.

ГОСТ 5904-2019. 2019. Изделия кондитерские. Правила приемки и методы отбора проб. Москва: Стандартинформ. 15 с.

ГОСТ Р 53041-2008. 2009. Изделия кондитерские и полуфабрикаты кондитерского производства. Термины и определения. Москва: Стандартинформ. 12 с.

МУК 4.2.1847. 2004. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов. Москва: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. 31 с.

Кайшев В.Г. 2018. Итоги работы пищевой и перерабатывающей промышленности в 2017 г.: проблемы, перспективы. *Пищевая промышленность*. № 3. С. 10.

Патент 2061311 РФ. Состав для получения шоколада. *Черниченко Владимир Викторович* (Шепеленко В.Б., Черниченко В.В.).

Патент 2465777 РФ. Состав для приготовления шоколада. *ОАО Приморский кондитер* (Гордиян А.В., Андреева Н.Г., Филонова Н.И. и др.

Патент 2548466 РФ. Состав для получения шоколада. *Черниченко Владимир Викторович* (Шепеленко В.Б., Черниченко В.В.).

Патент 2548467 РФ. Состав для получения шоколада. *Черниченко Владимир Викторович* (Шепеленко В.Б., Черниченко В.В.).

Патент 2548487 РФ. Состав для получения шоколада. *Черниченко Владимир Викторович* (Шепеленко В.Б., Черниченко В.В.).

Патент 2606822 РФ. Способ изготовления шоколада. *ФГБОУ ВО Чеченский государственный университет* (Киндаров З.Б., Мачигов А.А., Алаев Ш.Л. и др.).

Патент 2633555 РФ. Способ приготовления шоколада с использованием порошка из пастернака. *Перфилова О.В. и др. ФГБОУ ВО Тамбовский государственный технический университет* (Перфилова О.В., Холина Е.И., Родионов Ю.В. и др.).

Патент 2652998 РФ. Способ производства диетического шоколада. *Никитин Игорь Алексеевич* (Никитин И.А., Митронченко Я.А., Богатырёв В.А. и др.).

Патент 2679714 РФ. Состав для производства шоколада. *ФГБОУ ВО Дальневосточный федеральный университет* (Разгонова М.П., Каленик Т.К., Разгонова С.К и др.).

Патент 2710355 РФ. Состав для приготовления шоколада и способ его получения. *ООО Монджо* (Цырлин Е.)

Патент 2735420 РФ. Кондитерское изделие. *ООО Собрание* (Поддубный И.Е., Журбенко Э.В.).

Патент 2749358 РФ. Шоколад для красоты и долголетия. *Хромова Е.А.* (Хромова Е.А.).

Патент 2749833 РФ. Способ производства диетического витаминизированного шоколада. *ФГБОУ ВО Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ)* (Никитин И.А., Муталлибзода Ш., Иванова Н.Г. и др.).

Патент 2752758 РФ. Шоколад с серотонином. *Круглыхина О.Ю.* (Круглыхина О.Ю.).

Потапова В.А. 2017. Разработка технологии функциональных рыборастительных снеков с использованием биопотенциала вторичного рыбного сырья и топинамбура *(Helianthustuberosus). Автореферат диссертации… канд. техн. наук.* Калининград. 24 с.

Скобельская З.Г., Горячева Г.Н. 2002. Технология производства сахарных кондитерских изделий. Москва: ИРПО. 416 с.

Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011). Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 09 декабря 2011 г. № 880. URL: http://docs.cntd.ru/document/902320560 (дата обращения: 28.02.2021).

REFERENCES

GOST 10444.12-2013. 2014. Microbiology of food and animal feed. Methods for detecting and counting the number of yeast and mold fungi. Moscow: Standartinform. 12 p. (in Russian).

GOST 10444.15-94. 2010. Food products. Methods for determining the number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic microorganisms. Moscow: Standartinform. 7 p. (in Russian).

GOST 26669-85. 2010. Food and flavor products. Preparation of samples for microbiological analyses. Moscow: Standartinform. 10 p. (in Russian).

GOST 31659-2012. 2014. Food products. Method for detecting bacteria of the genus Salmonella. Moscow: Standartinform. 25 p. (in Russian).

GOST 31747-2012. 2013. Food products. Methods for detecting and determining the number of bacteria of the E. coli group (coliform bacteria). Moscow: Standartinform. 20 p. (in Russian).

GOST 31902-2012. 2014. Confectionery products. Methods for determining the mass fraction of fat. Moscow: Standartinform. 21 p. (in Russian).

GOST 32751-2014. 2015. Confectionery products. Sampling methods for microbiological analyses. Moscow: Standartinform. 10 p. (in Russian).

GOST 34071-2017. 2017. Cocoa mass. Technical conditions. Minsk: Eurasian Council for Standardization, Metrology and Certification. 12 p. (in Russian).

GOST 34072-2017. 2017. Cocoa butter. Technical conditions. Minsk: Eurasian Council for Standardization, Metrology and Certification. 16 p. (in Russian).

GOST 34551-2019. 2019. Confectionery products. Method for determining the mass fraction of protein. Moscow: Standartinform. 13 p. (in Russian).

GOST 5897-90. 2012. Confectionery products. Methods for determining organoleptic indicators of quality, size, net weight and components. Moscow: Standartinform. 8 p. (in Russian).

GOST 5900-2014. 2015. Confectionery products. Methods for determining moisture and dry substances. Moscow: Standartinform. 13 p. (in Russian).

GOST 5901-2014. 2015. Confectionery products. Methods for determining the mass fraction of ash and metallomagnetic impurities. Moscow: Standartinform. 12 p. (in Russian).

GOST 5904-2019. 2019. Confectionery products. Acceptance rules and sampling methods. Moscow: Standartinform. 15 p. (in Russian).

GOST R 53041-2008. 2009. Confectionery products and semi-finished products of confectionery production. Terms and definitions. Moscow: Standartinform. 12 p. (in Russian).

MUK 4.2.1847. 2004. Sanitary and epidemiological assessment of the validity of shelf life and storage conditions of food products. Moscow: Federal Center of State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of Russia. 31 p. (in Russian).

Kaishev V.G. 2018. The results of the work of the food and processing industry in 2017: problems, prospects. *Pishhevaja promyshlennost' (Food Industry)*. № 3. P. 10. (in Russian).

Patent 2061311 of the Russian Federation. The composition for obtaining chocolate. *Chernichenko Vladimir Viktorovich* (Shepelenko V.B., Chernichenko V.V.). (in Russian).

Patent 2465777 of the Russian Federation. The composition for making chocolate. *JSC Primorsky Confectioner* (Gordiyan A.V. Andreeva N.G., Filonova N.I. and et al.) (in Russian).

Patent 2548466 of the Russian Federation. The composition for obtaining chocolate. *Chernichenko Vladimir Viktorovich* (Shepelenko V.B., Chernichenko V.V.) (in Russian).

Patent 2548467 of the Russian Federation. The composition for obtaining chocolate. *Chernichenko Vladimir Viktorovich* (Shepelenko V.B., Chernichenko V.V.) (in Russian).

Patent 2548487 of the Russian Federation. The composition for obtaining chocolate. *Chernichenko Vladimir Viktorovich* (Shepelenko V.B., Chernichenko V.V.) (in Russian).

Patent 2606822 of the Russian Federation. The method of making chocolate. *Chechen State University*. (Kindarov Z.B., Machigov A.A., Alaev S.L. and et al.) (in Russian).

Patent 2633555 of the Russian Federation. A method for making chocolate using parsnip powder. *Perfilova O.V. et al. Tambov State Technical University* (Perfilova O.V., Kholina E.I., RodionovYu.V. and et al.) (in Russian).

Patent 2652998 of the Russian Federation. Method of production of dietary chocolate. *Nikitin Igor Alekseevich* (Nikitin I.A., MitronchenkoYa.A., Bogatyrev V.A. and et al.) (in Russian).

Patent 2679714 of the Russian Federation. Composition for the production of chocolate. *Far Eastern Federal University* (Razgonova M.P., Kalenik T.K., Razgonova S.K. and et al.) (in Russian).

Patent 2710355 of the Russian Federation. The composition for the preparation of chocolate and the method of its production. *LLC Monjo* (Tsyrlin E.) (in Russian).

Patent 2735420 of the Russian Federation. Confectionery. *LLC Assembly* (Poddubny I.E., Zhurbenko E.V.).(in Russian).

Patent 2749358 of the Russian Federation. Chocolate for beauty and longevity. *Khromova E.A.* (Khromova E.A.) (in Russian).

Patent 2749833 of the Russian Federation. Method of production of dietary fortified chocolate *Moscow State University of Technology and Management named after K.G. Razumovsky (PKU)* (Nikitin I.A., Mutallibzoda Sh., Ivanova N.G. et al.) (in Russian).

Patent 2752758 of the Russian Federation. Chocolate with serotonin. *Kruglykhina O.Yu.* (Kruglykhina O.Yu.) (in Russian).

Potapova V.A. 2017. Development of the technology of functional fish-growing snacks with the use of the biopotential of secondary fish raw materials and Jerusalem artichoke (Helianthus tubero-sus). *Abstract of the candidacy dissertation for techical sciences*. Kaliningrad. 24 p. (in Russian).

Skobelskaya Z.G., Goryacheva G.N. 2002. Technology of sugar confectionery production. Moscow: IRPO. 416 p. (in Russian).

Technical Regulations of the Customs Union “On Food Safety” (TR CU 021/2011). Approved by the Decision of the Customs Union Commission № 880 dated December 09, 2011. URL: http://docs.cntd.ru/document/902320560 (accessed 28.02.2021) (in Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Агунович Юлия Александровна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика»; agunovich0@mail.ru. SPIN-код: 3471-6029, Author ID: 809624; Scopus ID: 57201127817.

Agunovich Yulia Aleksandrovna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics; agunovich0@mail.ru. SPIN-code: 3471-6029, Author ID: 809624; Scopus ID: 57201127817.

Чмыхалова Виктория Борисовна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук, заведующий кафедрой «Технологии пищевых производств»; Chmykhalovav@mail.ru. SPIN-код: 6298-2079, Author ID: 914814.

Chmyhalova Victoria Borisovna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences, Head of the Department of Food Production Technologies; Chmykhalovav@mail.ru. SPIN-code: 6298-2079, Author ID: 914814.

УДК 504.5:582.272 DOI: 10.17217/2079-0333-2023-64-22-31

ВОЗДЕЙСТВИЕ КОБАЛЬТА И МЕДИ НА РОСТ ПРОРОСТКОВ БУРОЙ ВОДОРОСЛИ *FUCUS DISTICHUS* SUBSP. *EVANESCENS* (FUCALES, PHAEOPHYCEAE)

Климова А.В., Клочкова Т.А., Болотова Р.Г.

Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35.

В настоящей работе представлены данные по воздействию кобальта и меди на развитие камчатской бурой водоросли *Fucus distichus* subsp. *evanescens.* Наблюдения проводили в лабораторных условиях при температуре 10ºС, естественном освещении и фотопериоде с 6 июля по 6 августа, среды для культивирования содержали металлы в номинальных концентрациях 5, 10, 20 и 50 мкг/л. Установлено, что добавление Со в среду в целом стимулировало рост проростков, средняя скорость роста за весь период эксперимента варьировала от 15,6 до 23,5 мкм/сут, при этом в контрольной группе ее показатели не превышали 16,1 мкм/сут. В группах, выращенных в средах с избыточным содержанием меди, напротив, выявлено существенное снижение ростовых процессов. Так, к концу эксперимента скорость роста водорослей в средах с содержанием меди 10, 20 и 50 мкг/л не превышала 6 мкм/сут, в средах с минимальным содержанием металла составляла 11,2 мкм/сут. Также во всех культурах с избыточным содержанием меди наблюдалось аномальное формирование ризоидов проростков, наличие у них вне- и внутриклеточных отложений меди, недоразвитие гиалиновых волосков. Полученные результаты могут быть использованы для прогнозирования ответных реакций литоральных сообществ фукуса при загрязнении среды кобальтом и медью.

Ключевые слова: абсолютная скорость роста, кобальт, медь, номинальные концентрации, ранние стадии развития, тяжелые металлы, Fucales, *Fucus distichus* subsp. *evanescens.*

COBALT AND COPPER EFFECT ON GERMLINGS GROWTH OF BROWN ALGA *FUCUS DISTICHUS* SUBSP. *EVANESCENS* (FUCALES, PHAEOPHYCEAE)

Klimova A.V., Klochkova T.A., Bolotova R.G.

Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Klyuchevskaya Str. 35.

The data of cobalt and copper effect on the development of Kamchatka brown alga *Fucus distichus* subsp. *evanescens* is presented in the paper. The observations were carried out under laboratory conditions with temperature of 10°C, natural light and a photoperiod from July, 6 to August, 6. The cultivation media contained metals at nominal concentrations of 5, 10, 20, and 50 µg/l. It was found that Co addition to the medium mostly stimulated germlings growth. The average growth rate varied from 15.6 to 23.5 µm/day during entire experiment period but did not exceed 16.1 µm/day in the control group. On the contrary, a significant decrease of growth in groups grown in excessive copper media was revealed. By the end of the experiment the rate of germlings growth in media with copper of 10, 20, and 50 µg/l did not exceed 6 µm/day; in the media with minimum metal content was 11.2 µm/day. Also the abnormal formation of germlings rhizoids, the presence of extra- and intracellular copper deposits and underdevelopment of hyaline hairs were

observed in all cultures with excessive copper content. The obtained results can be used to predict the responses of *Fucus* littoral communities to cobalt and copper environment pollution.

Key words: absolute growth rate, cobalt, copper, nominal concentrations, early stages of development, heavy metals, Fucales, *Fucus distichus* subsp. *evanescens*.

ВВЕДЕНИЕ

Среди многоклеточных водорослей представители рода *Fucus* являются одними из наиболее часто используемых видов в экологическом мониторинге состояния прибрежных районов [Garcia-Seoane et al., 2018; Costa et al., 2020]. Этому способствует их широкое распространение в умеренных широтах Мирового океана [GBIF, 2023; Guiry, Guiry, 2023]. В литоральной зоне фукусы в силу своего массового развития формируют высокопродуктивные сообщества с высоким биологическим разнообразием [Chapman, 1995]. Устойчивость к различным антропогенным загрязнителям, способность выдерживать неблагоприятные параметры среды, особенности стратегии развития и жизненного цикла определяют исключительную возможность применения этих видов в качестве индикаторов экологического состояния прибрежных экосистем [Aboal et al., 2023].

Однако для прогнозирования ответных реакций структурообразующих видов на воздействие загрязнителей или иных стрессовых факторов и оценки вероятных последствий для прибрежных сообществ в целом необходимо знать их видоспецифичные диапазоны устойчивости к подобным изменениям среды. Особенно важны такие сведения для ранних стадий жизненного цикла гидробионтов, поскольку именно их выживаемость определяет успех развития и дальнейшего функционирования всей популяции.

Наиболее распространенными загрязнителями в прибрежных районах, особенно в местах расположения городских агломераций, портовой инфраструктуры, эстуарной зоны и выраженного терригенного стока с обширных сельскохозяйственных угодий, являются нефтепродукты, тяжелые металлы, стойкие органические поллютанты и различные неорганические соединения [Lu et al., 2018]. При этом содержание многих загрязнителей отслеживается в рамках государственных программ мониторинга морской среды [Качество морских вод…, 2022]. В частности, проводятся многолетние работы по отслеживанию уровня загрязнения тяжелыми металлами (ТМ) вод и донных отложений прибрежных районов морских портов России. Кроме этого, особое внимание уделяют определению содержания ТМ в промысловых гидробионтах, в частности водорослях. Среди этой группы загрязнителей наиболее часто в видах-индикаторах определяют Cu, Zn, Cd, Pb, Fe, Mn, Ni, Co, As и Hg [Garcia-Seoane et al., 2018; Costa et al., 2020]. Большая часть из них относится к третьему классу опасности [ПДК, 2016].

Важно отметить, что из-за активной вулканической деятельности в почвах Юго-Восточной Камчатки отмечается превышение кларковых значений для Cu, Zn, Cd, Mn и Co [Захарихина, Литвиненко, 2019]. Безусловно, природная миграция этих элементов вкупе с антропогенным воздействием может негативно сказываться на развитии литоральных сообществ и в первую очередь на прикрепленные организмы. Ранее нами был проведен эксперимент по влиянию избыточного содержания в среде Cd и Pb на развитие проростков *Fucus distichus*

[Климова и др., 2022]. Учитывая вышесказанное, целью настоящей работы являлось исследование влияния тяжелых металлов, кобальта и кадмия, на динамику роста ранних стадий развития камчатской бурой водоросли *F. distichus* subsp. *evanescens*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор водорослей и постановка экспериментов. В экспериментах использовали проростки бурой водоросли *F. distichus* subsp. *evanescens*. Исходным материалом для постановки лабораторных альгокультур послужили фертильные образцы фукуса, собранные в июле 2021 г. в приливно-отливной зоне бухты Сероглазка (Авачинская губа, Юго-Восточная Камчатка). Зиготы фукуса получали согласно методу, предложенному Т. Мотомуро [Motomura, 1991] с дополнениями, подробно описанными нами ранее [Климова, Кашутин, 2016]. Полученные культуры фукуса выращивали в чашках Петри (35×10 мм, Eppendorf) в течение всего эксперимента.

Питательную среду для культивирования проростков фукуса готовили на основе морской воды с соленостью 23‰, отобранной в месте сбора водорослей. Концентрация Co и Cu в природной морской воде, использованной для приготовления культуральной среды, измеренная на атомно-эмиссионном спектрометре (4100 MP-AES, Agilent Technologies), не превышала 1 мкг/л для каждого в отдельности. В условиях лаборатории морскую воду предварительно фильтровали и стерилизовали (автоклав SQ510, Yamato). Затем добавляли необходимые витамины, микро- и макроэлементы согласно протоколу для приготовления IMR-среды [Klochkova et al., 2006; Климова и др., 2022]. Для приготовления растворов с номинальными концентрациями кобальта и меди 5, 10, 20, 50 мкг/л использовали соли $Co(NO_3)_2$ и $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. Полученные растворы соответствовали 1ПДК, 2ПДК, 4ПДК и 10ПДК анализируемых металлов в морской воде.

Культивирование водорослей проводили при температуре 10ºС, естественных фотопериоде и интенсивности освещения. В природной среде подобные условия близки к периоду развития проростков фукуса после короткого пика весеннего размножения. Параллельно в экспериментах для каждого диапазона концентраций металлов культуры фукуса выращивали в среде без добавления металлов, контрольные группы инкубировали при тех же условиях освещения и продолжительности дня, что и испытуемые группы. Каждый раствор ТМ тестировался отдельно в трех повторностях. Общая продолжительность эксперимента составила 33 сут.

Определение скорости роста культур. Наблюдения за развитием эмбрионов и проростков *F. distichus* вели с помощью инвертированного микроскопа Olympus IX73 с фотокамерой DP73 (Olympus). Для определения их линейных размеров использовали программное обеспечение CellSens Entry (Olympus). За общую длину проростков принимали сумму значений длины их ризоидальной и талломической частей. Измерения проростков фукуса проводили через каждые 3–4 сут, особи отбирали случайным образом. Количество измеренных водорослей составляло 60 для каждой испытуемой и контрольной групп. Полученные значения длины усредняли и высчитывали стандартное отклонение. Абсолютную скорость роста (*AGR*, мкм/сут) рассчитывали по формуле [Hunt, 1990]:

$$AGR = (L_2 - L_1) / (t_2 - t_1),$$

где L_1 – усредненная начальная и L_2 – усредненная конечная длина проростков в группе;

$(t_2 - t_1)$ – период времени между начальным и текущим измерениями, выраженный в сутках. Полученные для каждой группы значения *AGR* усредняли и высчитывали стандартное отклонение.

Статистический анализ. Статистическую обработку и построение графиков выполняли в программе GraphPad Prism ver. 9.3.1. Нормальность распределения полученных данных проверяли с помощью теста Д'Агостино – Пирсона, гомогенность дисперсии – теста Браун – Форсайта. Для оценки статистических различий между контрольными и испытуемыми группами применяли однофакторный дисперсионный анализ, при выявлении различий между контрольной и испытуемыми группами использовали апостериорное сравнение с помощью критерия Даннетта (Dunnett test). Различия между средними значениями считали достоверными при $p \leq 0{,}05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Различия в активности ростовых процессов у проростков *F. distichus* в средах с разным содержанием тяжелых металлов Co и Cu стали проявляться только после первой недели культивирования. При этом линейные размеры водорослей значительно отличались как между испытуемыми группами, так и в целом от контроля (рис. 1, таблица). Такое отложенное проявление влияние металлов на водоросли, вероятно, связано с их активным парентеральным усвоением при резком увеличении числа клеток проростков и накопительным эффектом. При этом воздействие Co на ранние стадии развития фукуса можно в целом охарактеризовать как стимулирующие; добавление Cu в среду, наоборот, вызывало угнетение прорастания эмбрионов и вегетативного роста ювенильных водорослей.

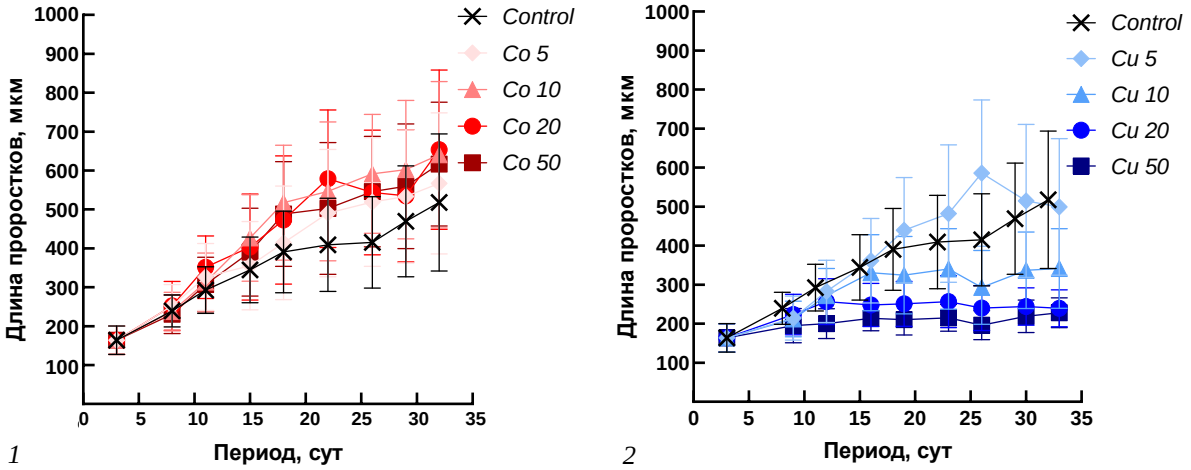

Рис. 1. Изменение длины (мкм) проростков *Fucus distichus* subsp. *evanescens* в среде с разным содержанием кобальта (*1*) и меди (*2*) в течение 33 суток. Условные обозначения: Control – контрольная группа; Co 5, Co 10, Co 20, Co 50 – номинальная концентрация кобальта в среде 5, 10, 20, 50 мкг/л; Cu 5, Cu 10, Cu 20, Cu 50 – номинальная концентрация меди в среде 5, 10, 20, 50 мкг/л. Для каждой группы приведены среднее значение и стандартное отклонение (n = 60)

Fig. 1. Change in length (μm) of *Fucus distichus* subsp. *evanescens* germlings in medium with different contents of (*1*) cobalt and (*2*) cooper during 33 days: Control – control group; Co 5, Co 10, Co 20, Co 50 – nominal concentration of cobalt in medium of 5, 10, 20, 50 μg/l; Cu 5, Cu 10, Cu 20, Cu 50 – nominal concentration of copper in medium of 5, 10, 20, 50 μg/l. Average value and standard deviation (n = 60) are given for each group

Некоторые характеристики проростков *Fucus*, выращенных в условиях избыточного содержания кобальта и кадмия в культуральной среде

Some characteristics of *Fucus* germlings grown under conditions of excessive cobalt and cadmium content in the culture medium

Группы	Превышение ПДК, раз	Появление гиалиновых волосков, сут	Длина проростков к концу эксперимента, мкм	Скорость роста, % к контролю	Влияние на рост	Включения
Контроль	< 1	15	518	100	–	–
Co 5	1	15	567	114	↔	–
Co 10	2	15	640	135	↑	–
Co 20	4	15	654	138	↑	–
Co 50	10	15	617	128	↑	–
Cu 5	1	16	450	66	↓	+
Cu 10	2	–	342	35	↓	+
Cu 20	4	–	239	15	↓	+
Cu 50	10	–	228	13	↓	+

Примечание. Символ: ↑ – стимулирование роста, ↓ – ингибирование роста, ↔ – нейтральный эффект, «–» – отсутствие признака, «+» – наличие признака

Note. Symbol: ↑ – growth stimulation, ↓ – growth inhibition, ↔ – neutral effect, “–” – feature absence, “+” – feature presence.

В средах с Co статистически значимые различия в линейных размерах водорослей в испытуемых группах по отношению к контролю выявлены к 11-м сут культивирования только в среде с содержанием металла 20 мкг/л (p = 0,04, Dunnett test). В целом в течение первых 16 сут эксперимента длина проростков в остальных средах с добавлением Co не отличалась от контрольной группы ($p > 0,05$, Dunnett test). К этому периоду наблюдений средние размеры водорослей в контрольной группе достигали 345 мкм, во всех испытуемых средах они в среднем превышали это значение, в отдельных случаях достигали 427 мкм (рис. 1, *1*). На 23-е сут и до конца эксперимента положительный, стимулирующий рост проростков, эффект был выявлен во всех культурах с добавлением Co (рис. 1, *1*, таблица). Исключение составила группа с содержанием Co 5 мкг/л (1ПДК), на 33-е сут средние линейные размеры водорослей были сопоставимы с контрольной группой – 517 мкм.

Развитие проростков *F. distichus* в средах с содержанием Cu протекало иначе, чем в культурах с Co. В целом воздействие этого металла на водоросли имело выраженный ингибирующий характер (рис. 1, *2*, таблица). Задержка в развитии проростков отмечалось уже на 9-е сут эксперимента во всех испытуемых группах за исключением культуры, выращиваемой в среде с минимальным содержанием Cu и равным ПДК этого металла. Следует отметить, что только в этой испытуемой группе прослеживалась ростовая активность близкая к культурам, выращенным в среде без добавления Cu. В остальных же группах отставание в росте водорослей в последующем только усиливалось. При этом к концу эксперимента линейные размеры проростков в испытуемых группах с концентрацией Cu 20 и 50 мкг/л были существенно ниже контрольной группы, более чем в два раза, и фактически не менялись после девяти суток эксперимента (рис. 1, *2*, таблица).

Динамика показателей абсолютной скорости роста культур *F. distichus* полностью соответствовала выявленным особенностям изменения линейных размеров проростков при воздействии Co и Cu (см. рис. 1 и 2).

На 11-е сут статистически значимые различия испытуемых групп от контрольных выявлены в средах с концентрацией Co 20 мкг/л ($p < 0{,}0001$, Dunnett test, стимулирование, рис. 2, *1A*) и средах с концентрацией Cu 10, 20 и 50 мкг/л ($p < 0{,}02$, Dunnett test, во всех случаях ингибирование, рис. 2, *2A*). При этом средние значения AGR проростков в средах с добавлением Co при сопоставлении аналогичных периодов наблюдений всегда превышали показатели контрольной группы (12,2–16,1 мкм/сут) и достигали максимальных значений 23,5 мкм/сут (рис. 2, *1A–B*). Схожие результаты по стимулированию роста бурых водорослей в среде с концентрацией кобальта до 50 мкг/л были получены на гаметофитах и ювенильных спорофитах *Saccharina japonica* [Wang et al., 2020]. Вероятно, из-за того что кобальт является эссенциальным элементом и входит в состав витамина B_{12}, его концентрация в среде до 50 мкг/л не является фитотоксичной для водорослей.

Абсолютная скорость роста водорослей в средах с содержанием Cu 10, 20 и 50 мкг/л после 23 сут культивирования существенно отличалась от таковой в контрольной группе ($p < 0{,}0007$, Dunnett test). Так, значения AGR в контрольной группе составляло 12,9 мкм/сут, в то время как в средах с максимальным содержанием Cu скорость роста фукуса не превышала 3 мкм/сут (рис. 2, *2Б*). К концу эксперимента во всех группах, выращенных на обогащенных медью средах, прослеживалось явное угнетение ростовых процессов водорослей (рис. 2, *2B*). При этом относительно контроля скорость роста в испытуемых группах реализовывалась от 13 до 66% (см. табл.). Снижение скорости роста в ответ на повышенное содержание меди в среде отмечалось также у бурой водоросли *Sargassum fusiforme* [Zou et al., 2015] и красной водоросли *Porphyra haitanensis* [Zhu et al., 2017]. Несмотря на то что медь является важным микроэлементом, при высоких концентрациях в среде она является более токсичной, чем свинец и кадмий.

Аномалии в развитии ювенильных водорослей в эксперименте прослеживались во всех группах (см. рис. 3). Ранее нами были выделены четыре типа морфогенеза проростков фукуса на основе вариантов формирования у них ризоидальной части [Климова и др., 2022]: сформированный главный ризоид с латеральными выростами или без них (тип I); наличие нескольких равнозначных ризоидов (тип II); нарушение оси роста, развитие ризоидов на диаметрально противоположных участках пластины (тип III); отсутствие ризоидов при многослойной талломической части с развитыми гиалиновыми волосками (тип IV). Так, в контрольной группе проростки преимущественно развивались по типу I или II (см. рис. 3, *1* и 3, *2*), к 15-м сут у них уже были различимы гиалиновые волоски. Крайне редко у представителей этой группы обнаруживались аномалии морфогенеза, связанные с нарушением формирования ризоидальной зоны (см. рис. 3, *3* и 3, *4*).

Подавляющая часть проростков, выращенных в средах с содержанием Co, развивалась так же, как и контрольная группа, по I или II типу морфогенеза (см. рис. 3, *5* и 3, *6*). В средах с максимальным содержанием металла (номинальная концентрация 50 мкг/л) аномалии, связанные с формированием оси роста (тип III) или отсутствием ризоидов (тип IV), выявлены суммарно в 10% случаев. Однако даже в этой группе вне- или внутриклеточные отложения кобальта в ювенильных талломах фукуса не обнаружены. Гиалиновые волоски у проростков в средах с содержанием Co формировались на 15-е сут (см. табл.).

Выявленное ингибирующее воздействие Cu на развитие фукуса в культурах, не

только проявлялась в низкой скорости роста его проростков в эксперименте, но и наличием аномалий в морфогенезе (рис. 3, *7* и 3, *8*). Так, в испытуемых группах развитие ризоидов происходило преимущественно по типу I. В среде с максимальным содержанием Cu в 15% случаев ризоиды не развивались вовсе, при этом проростки состояли только из талломической части. Следует отдельно отметить, что кроме культур, выращенных в среде с номинальным содержанием металла 5 мкг/л, у водорослей в целом за весь период наблюдений не развивались гиалиновые волоски (см. табл.). В то время как их наличие характеризует физиологическую зрелость проростков и, как правило, предшествует их дальнейшему развитию во взрослые особи. Вне- и внутриклеточные отложения Cu регистрировались во всех испытуемых группах (рис. 3, *7*).

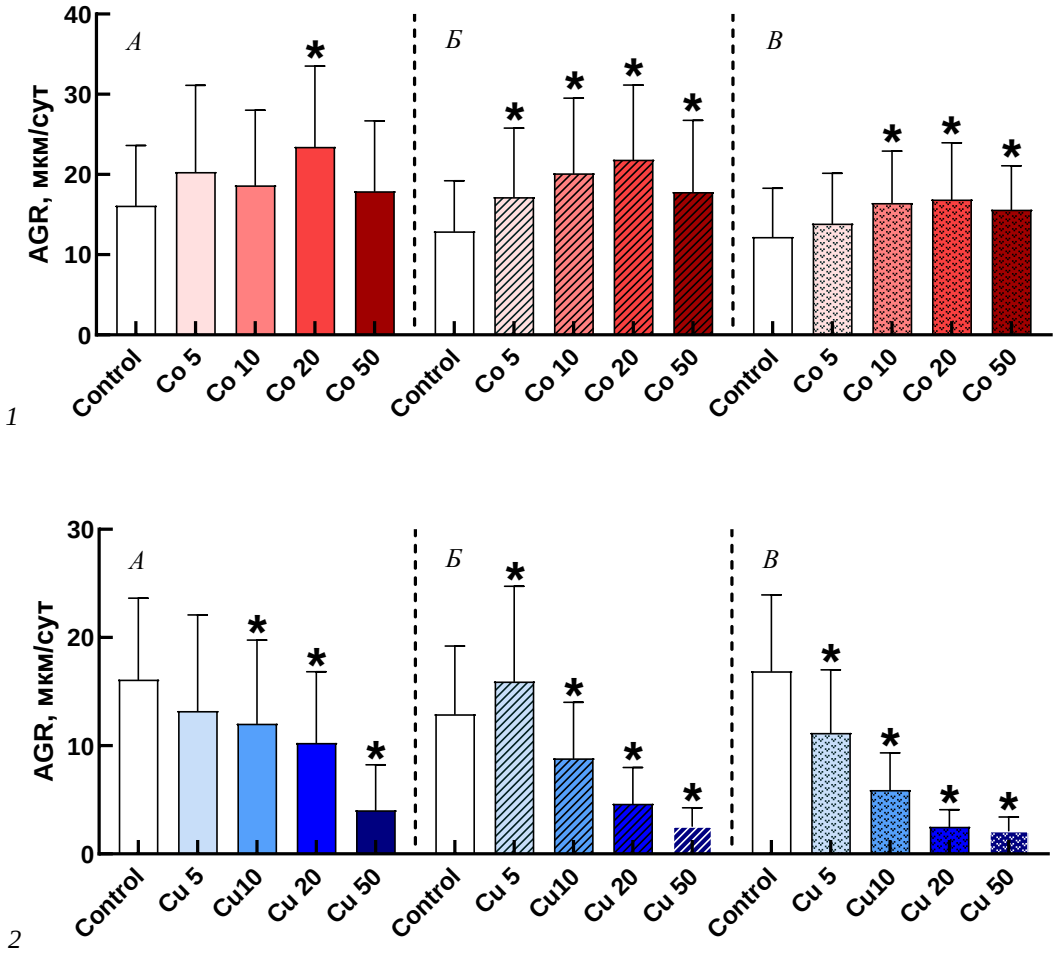

Рис. 2. Абсолютная скорость роста (AGR, мкм/сут) проростков *Fucus distichus* subsp. *evanescens*: *1* – в среде с разным содержанием Co на 11-е (*А*), 22-е (*Б*) и 32-е (*В*) сутки; *2* – в среде с разным содержанием Cu на 12-е (*А*), 23-е (*Б*) и 33-е (*В*) сутки. Для каждого металла указана номинальная концентрация (5, 10, 20, 50 мкг/л), контрольные группы обозначены – Control. * отмечены выявленные статистические различия ($p < 0{,}05$)

Fig. 2. Absolute growth rate (AGR, µm/day) of *Fucus distichus* subsp. *evanescens* germlings: *1* – in medium with different content of Co on the 11th (*A*), 22nd (*Б*) and 32nd (*B*) days; *2* – in medium with different content of Cu on the 12th (*A*), 23rd (*Б*), and 33rd (*B*) days. Nominal concentration is indicated (5, 10, 20, 50 µg/l) for each metal. Control groups are marked as Control. Identified statistical differences ($p < 0.05$) are marked with *

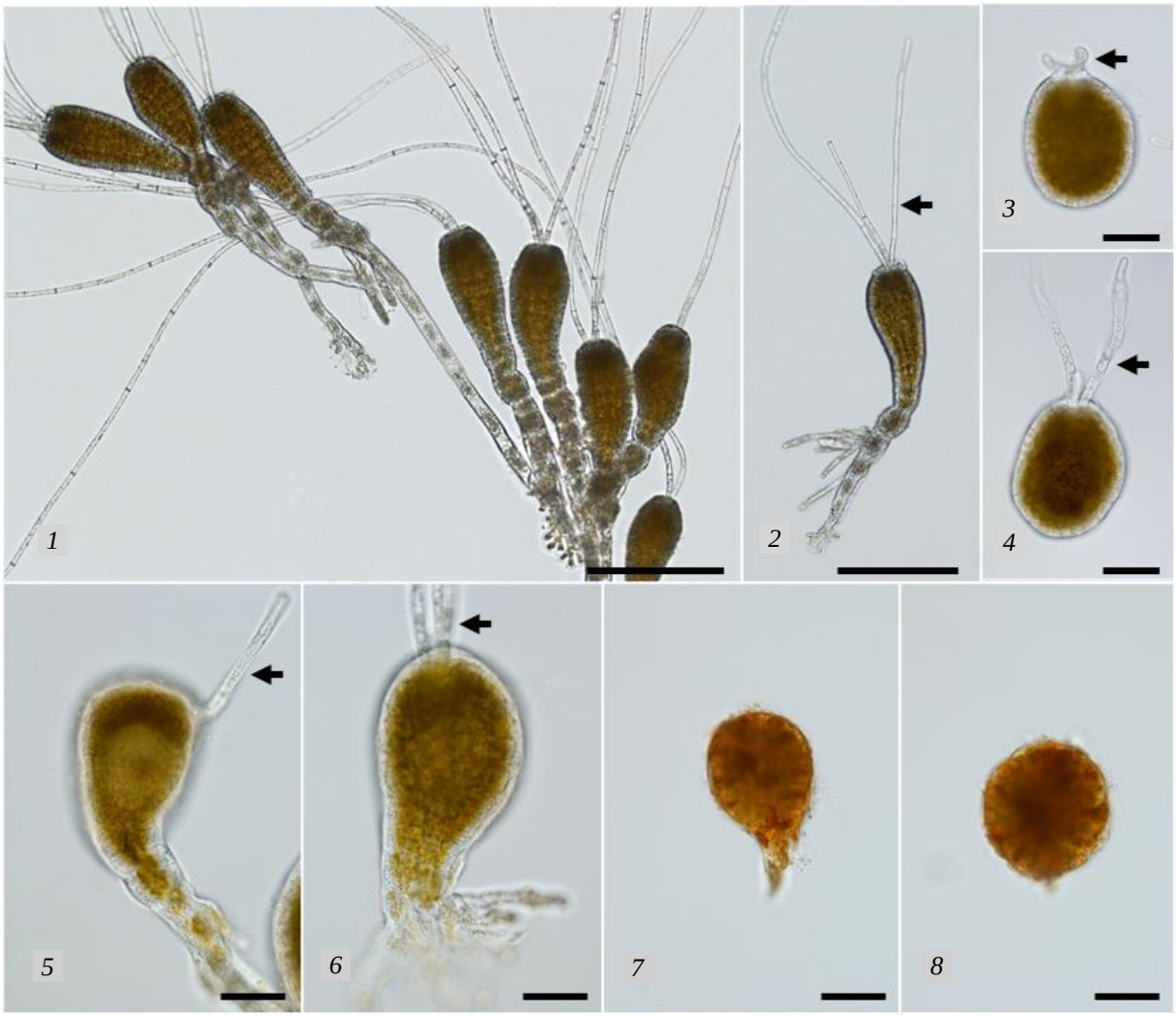

Рис. 3. Развитие проростков *Fucus distichus* subsp. *evanescens* в условиях избыточного содержания Co и Cu в среде на 24-е сут эксперимента: контрольная группа (*1–4*); в средах с номинальной концентрацией Co 50 мкг/л (*5, 6*) и Cu 50 мкг/л (*7, 8*). Масштаб: *1, 2* – 200 мкм, *3–8* – 50 мкм. Стрелки указывают на гиалиновые волоски

Fig. 3. *Fucus distichus* subsp. *evanescens* germlings development under conditions of excessive Co and Cu content in the medium on the 24th day of the experiment: control group (*1–4*); in media with nominal concentration of Co 50 µg/l (*5, 6*) and Cu 50 µg/l (*7, 8*). Scale bar: *1, 2* – 200 µm, *3–8* – 50 µm. Arrows indicate hyaline hairs

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные эксперименты с культурами бурой водоросли *F. distichus* subsp. *evanescens* позволили оценить воздействие тяжелых металлов кобальта и меди на ранние стадии ее развития. Установлено, что при концентрации Co в среде, в два, четыре и 10 раз превышающей ПДК этого металла, скорость роста проростков выше, чем в контрольной группе, морфогенез в целом соответствует норме. У водорослей в средах с содержанием Cu, в два раза и более превышающих ПДК, прослеживается явное отставание в росте и регистрируются аномалии в развитии ризоидальной части проростков. Полученные результаты позволяют прогнозировать последствия для литоральных сообществ фукуса при загрязнении среды указанными выше металлами, особенно в условиях их повышенного природного содержания.

ЛИТЕРАТУРА
REFERENCES

Захарихина Л.В., Литвиненко Ю.С. 2019. Вулканизм и геохимия почвенно-растительного покрова Камчатки. Специфика формирования элементного состава вулканических почв в холодных гумидных условиях. *Вулканология и сейсмология*. № 3. С. 25–33.

Zakharikhina L.V., Litvinenko Yu.S. 2019. Volcanism and geochemistry of soil and vegetation cover of Kamchatka. Specificity of forming the elemental composition of volcanic soil in cold humid conditions. Vulkanologia i sejsmologia (Journal of Volcanology and Seismology). Vol. 13. № 3. P. 149–156 (in Russian).

Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2021. 2022. Москва: Наука. 230 с.

The quality of sea waters by hydrochemical indicators. Yearbook 2021. 2022. Moscow: Nauka Publ. 230 p. (in Russian).

Климова А.В., Болотова Р.Г., Клочкова Т.А. 2022. Развитие проростков бурой водоросли *Fucus distichus* subsp. *evanescens* (Fucales, Phaeophyceae) в условиях избыточного содержания свинца и кадмия. *Физиология растений*. Т. 69. № 4. С. 427–437.

Klimova A.V., Bolotova, R.G., Klochkova, T.A. 2022. Development of germlings of brown algae Fucus distichus subsp. evanescens (Fucales, Phaeophyceae) under excessive lead and cadmium Fiziologija rastenij (Russian Journal of Plant Physiology). 2022. Vol. 69. Issue 4. № 79. DOI: 10.1134/s1021443722030062 (in Russian).

Климова А.В., Кашутин А.Н. 2016. Раннее развитие камчатских представителей *Fucus evanescens* (Phaeophyceae, Fucales) в условиях лабораторного культивирования. *Вестник КамчатГТУ*. № 37. С. 50–56. DOI: 10.17217/2079-0333-2016-37-50-56.

Klimova A.V., Kashutin A.N. Early development of the brown alga Fucus evanescens (Phaeophyceae, Fucales) from southeast Kamchatka under laboratory-controlled conditions. Vestnik KamchatSTU (Bulletin of Kamchatka Sate Technical University). № 37. P. 50–56. DOI: 10.17217/2079-0333-2016-37-50-56 *(in Russian).*

ПДК 2016. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Приказ министра сельского хозяйства Российской Федерации А.Н. Ткачева от 13 декабря 2016 г. № 552. 156 с.

MPC 2016. On approval of water quality standards for water bodies of fishery significance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fishery significance. Order of the Minister of Agriculture of the Russian Federation A.N. Tkachev dated December 13, 2016. № 552. 156 p. (in Russian).

Aboal J.R., Pacín C., García-Seoane R. et al. 2023. Global decrease in heavy metal concentrations in brown algae in the last 90 years. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 445. P. 130511. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2022.130511.

Chapman A.R.O. 1995. Functional ecology of fucoid algae: twenty-three years of progress. *Phycologia* Vol. 34. P. 1–32. DOI: 10.2216/i0031-8884-34-1-1.1

Costa G.B., Koerich G., de Ramos B. et al. 2020. A review of common parameters and descriptors used in studies of the impacts of heavy metal pollution onmarine macroalgae: identification of knowledge gaps and future needs. *Acta Botanica Brasilica*. Vol. 34. № 3. P. 460–477. DOI: 10.1590/0102-33062020abb0072

Fucus Linnaeus, 1753 in GBIF Secretariat (2023). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset https://doi.org/10.15468/39omei accessed via GBIF.org on 2023-03-02.

Garcia-Seoane R., Fernandez J.A., Villares R., Aboal J.R. 2018. Use of macroalgae to biomonitor pollutants in coastal waters: Optimization of the methodology. *Ecological Indicators*. Vol. 84. P. 710–726.

Guiry M.D., Guiry G.M. 2023. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: http://www.algaebase.org.

Hunt R. 1990. Basic Growth Analysis. Dordrecht: Springer. 112 p. DOI: 10.1007/978-94-010-9117-6_2

Klochkova T.A., Kang S.-H., Cho G.Y. et al. 2006. Biology of a terrestrial green alga, *Chlorococcum* sp. (Chlorococcales, Chlorophyta), collected from the Miruksazi stupa in Korea. *Phycologia*. Vol. 45. P. 349–358.

Lu Y., Yuan J., Lu X. et al. 2018. Major threats of pollution and climate change to global coastal ecosystems and enhanced management for sustainability. *Environmental Pollution*. Vol. 239. P. 670–680.

Motomura T. 1994. Electron and immunofluorescence microscopy on the fertilization of Fucus distichus (Fucales, Phaeophyceae). *Protoplasma*. Vol. 178. P. 97–110.

Wang X., Shan T., Pang S. 2020. Effects of cobalt on spore germination, gametophyte growth and development, and juvenile sporophyte growth of

Saccharina japonica (Phaeophyceae). *Journal of Applied Phycology*. Vol. 35. P. 511–518.

Zhu X., Zou D., Huang Y. et al. 2017. Physiological responses of *Porphyra haitanensis* (Rhodophyta) to copper and cadmium exposure. *Botanica Marina*. Vol. 60. P. 27–37. DOI: 10.1515/bot-2016-0117

Zou H.-X., Pang Q.-Y., Zhang A.-Q. et al. 2015. Excess copper induced proteomic changes in the marine brown algae *Sargassum fusiforme*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol. 111. P. 271–280.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Климова Анна Валерьевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук; заведующий сектором коллективного использования научного оборудования; annaklimovae@mail.ru. SPIN-код: 3188-5428, Author ID: 732623; Scopus ID: 56711736100.

Klimova Anna Valereevna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences; Head of the Center for Collective Use of Scientific Equipment; annaklimovae@mail.ru. SPIN-code: 3188-5428, Author ID: 732623; Scopus ID: 56711736100.

Клочкова Татьяна Андреевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук, профессор кафедры «Экология и природопользование»; tatyana_algae@mail.ru. SPIN-код: 7534-7736, Author ID: 664379; Scopus ID: 12792241800.

Klochkova Tatyana Andreevna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences; Professor of Ecology and Nature Management Chair; tatyana_algae@mail.ru. SPIN-code: 7534-7736, Author ID: 664379; Scopus ID: 12792241800.

Болотова Регина Ганиматовна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; аспирант; regina_bolotova@mail.ru. SPIN-код: 3054-2768, Author ID: 923669.

Bolotova Regina Ganimatovna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Postgraduate; regina_bolotova@mail.ru. SPIN-код: 3054-2768, Author ID: 923669.

УДК 591.4:595.384.12(265.52) DOI: 10.17217/2079-0333-2023-64-32-42

МОРФОЛОГИЯ ВТОРОЙ ЛИЧИНОЧНОЙ СТАДИИ КОЗЫРЬКОВОГО ШРИМСА *ARGIS OCHOTENSIS KAMTSCHATICA* SOKOLOV, 2001 (CARIDEA, CRANGONIDAE) ИЗ АВАЧИНСКОГО ЗАЛИВА (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)

Седова Н.А.

Камчатский государственный технический университет (КамчатГТУ), Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35

Описана вторая личиночная стадия козырькового шримса *Argis ochotensis kamtschatica* (семейство Crangonidae) из планктона Авачинского залива (северо-западная часть Тихого океана, Юго-Восточная Камчатка). Проведено сравнение вновь описанных личинок со старшими личинками *Argis ochotensis ochotensis* и *Argis dentata*, описанными ранее для прикамчатских вод. Основные отличительные признаки старших зоэа камчатского подвида *A. ochotensis*: наличие шипиков на терминальном крае тергитов; разная длина шипа правого и левого скафоцерита; трехсегментный экзоподит антеннулы; девять щетинок на базиальном эндите максиллулы; относительно короткий жгутик антенны; разное количество антеровентральных шипиков на правой и левой стороне карапакса; небольшая выемка на терминальном крае тельсона. Высказано предположение, что *A. ochotensis* имеет более широкое распространение в тихоокеанских водах, чем это считалось ранее. Показано, что данный подвид может иметь две либо три стадии зоэа.

Ключевые слова: креветки, морфология личинок, подвид, северо-западная часть Тихого океана, укороченное развитие, *Argis ochotensis*.

MORPHOLOGY OF THE SECOND LARVAE STAGE OF SHRIMPS *ARGIS OCHOTENSIS KAMTSCHATICA* SOKOLOV, 2001 (CARIDEA, CRANGONIDAE) FROM THE AVACHINSKY GULF (SOUTHEAST KAMCHATKA)

Sedova N.A.

Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Klyuchevskaya Str. 35

The second larval stage of the trumped shrims *Argis ochotensis kamtschatica* (Crangonidae) from the plankton of the Avacha Gulf (northwestern part of the Pacific Ocean, Southeast Kamchatka) is described. The existing larvae with the older larvae of *Argis ochotensis ochotensis* and *Argis dentata* were carried out, previously described for sinking waters. The main distinguishing features of the senior Zoea of the Kamchatka subspecies *A. ochotensis*: the presence of spines in the terminal margins of the tergits; a different length of the spine of the right and left skale; three-segment exopod of antennules; nine setae in the basial endites of maxillule; relatively short flagellum of the antenna; a different number of anteroventral margin on the right and left side of carapas; a small notch on the terminal margim of telson. An assumption has been expressed that A. ochotensis is more widespread in Pacific waters than this was considered before. It is shown that this subspecies can have two or three stages of Zoea.

Key words: shrimp, morphology of larvae, subspecies, northwestern part of the Pacific Ocean, shortened development, *Argis ochotensis*.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время к роду *Argis*, Kroyer 1842 (козырьковые шримсы) относят 10 видов [De Grave et al., 2009], из которых в российских дальневосточных морях обитает семь видов. Некоторые из них имеют промысловое значение [Марин, 2013]. В прикамчатских водах найдены представители пяти видов из этого рода: *Argis dentata* (Rathbun, 1902), *A. crassa* (Rathbun, 1999), *A. lar* (Owen, 1839), *A. ochotensis* Komai, 1997, *A. ovifer* (Rathbun, 1902) [Слизкин, 2006]. Личинки козырьковых шримсов в планктоне встречаются единично в течение короткого промежутка времени, так как данная группа имеет укороченное развитие.

Козырьковый шримс охотский *A. ochotensis* обитает в Охотском и Японском морях, а также в тихоокеанских водах у юго-восточных берегов Камчатки. В некоторых районах Охотского и Японского морей он является промысловым, для других районов – потенциально промысловым либо перспективным видом [Sawada, 1994; Соколов, 2001; Бандурин, Карпинский, 2015; Fujita at al., 2021]. Шримс козырьковый охотский характеризуется высокими структурно-механическими свойствами мышц и является перспективным сырьем для производства формованной, восстановленной и комбинированной продукции независимо от размерно-весовых характеристик и биологического состояния креветки [Паулов и др., 2005].

В настоящее время этот вид разделяют на два подвида – *A. ochotensis ochotensis* Komai, 1997 и *A. ochotensis kamtschatica* Sokolov, 2001. Первый подвид изучен лучше. В восточной части Охотского моря он обитает на глубинах 273–1 450 м [Sokolov, 2001], в северной части – на глубинах 250–500 м, но основная глубина обитания охотского подвида – 200–400 м [Бандурин, Карпинский, 2015]. В южной части Охотского моря и в Японском море он держится глубже 600 м [Komai, 1997].

Взрослые особи камчатского подвида освоили меньшие глубины – от 150 до 295 м. Этот подвид был описан только для южной части западнокамчатского шельфа [Соколов, 2001]. Вероятно, это связано с тем, что ранее данный вид смешивали с *A. ovifer*. Только в 1997 г. *A. ochotensis* был описан как самостоятельный вид [Komai, 1997]. Исследований креветок северо-западной части тихоокеанских российских вод в этот период не было. По Авачинскому заливу данные о распределении отдельных видов крангонид отсутствуют. Возможно, именно поэтому считается, что данный вид обитает только в Охотском море.

В планктонные пробы, взятые у юго-восточных берегов Камчатки, неоднократно попадали младшие личинки *A. ochotensis kamtschatica*. Ранее было сделано описание личинок I и II стадий зоэа *A. ochotensis ochotensis* и только I стадии зоэа *A. ochotensis kamtschatica* из прикамчатских вод [Sedova, Grigoriev, 2018]. Старшая личинка камчатского подвида осталась неописанной. При обработке планктонных проб, взятых в Авачинском заливе в апреле – мае 2017 г., было обнаружено множество личинок козырьковых шримсов. Чаще всего в этот период над различными глубинами встречались старшие личинки, имеющие морфологию, отличную от уже описанных форм. По большинству признаков они были ближе к I и II стадиям зоэа *A. ochotensis*. На основании сходства размеров и морфологии с I стадией зоэа *A. ochotensis kamtschatica*, пойманные личинки были отнесены именно к этому подвиду.

Цель данного исследования – описать личинок второй стадии *A. ochotensis*

kamtschatica и охарактеризовать их отличия от охотского подвида и других близких видов козырьковых шримсов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для данной работы послужили сборы планктона, выполненные сотрудниками КамчатНИРО в тихоокеанских водах вблизи Восточной Камчатки в апреле − мае 2017 г. Выполняли вертикальный тотальный лов в слое 500–0 м и от дна до поверхности при меньших глубинах. В качестве орудия лова использовали ихтиопланктонную коническую сеть с диаметром входного отверстия 80 см и шагом ячеи 0,56 мм. Всего было собрано 217 проб из Кроноцкого и Авачинского заливов над глубинами 5–1 253 м. В пробах из Авачинского залива в период с 19.04.2017 по 3.05.2017 на станциях с глубинами от 61 до 950 м обнаружили 16 экземпляров личинок *Argis ochotensis* второй стадии зоэа. Места поимки показаны на рисунке 1.

Личинок, фиксированных в 4%-ном формалине, рассматривали под микроскопом при увеличении 32×, 56×, 120×. Подробно изучали строение карапакса, плеона, тельсона и отдельных конечностей. На рисунках изображали только те щетинки и шипы, которые сохранились на имеющихся экземплярах. Часть длинных щетинок изображали обрезанными. Подробности строения в случае необходимости указывали в описании. Опушение и вооружение щетинок в большинстве случаев на рисунке не показывали, чтобы не загромождать изображение. Общую длину личинки измеряли от конца рострума до заднего края тельсона при помощи окуляр-микрометра с точностью до 0,1 мм, длину карапакса – от основания рострума до заднего края карапакса, длину рострума – от основания глаз до переднего конца рострума.

Обозначения и сокращения:

RL – длина рострума, *CL* – длина карапакса, *TL* – общая длина, *GV* – общий вид, *A1* – антеннула, *A2* – антенна, *Cp* – карапакс, *Mx1* – максиллула, *Mx2* – максилла, *Mp1–3* – первая – третья максиллипеды, *P1–5* – первый – пятый переоподы, *pl 1–5* – первый – пятый плеоподы, *T* – тельсон. Прочерк в таблице обозначает отсутствие данных.

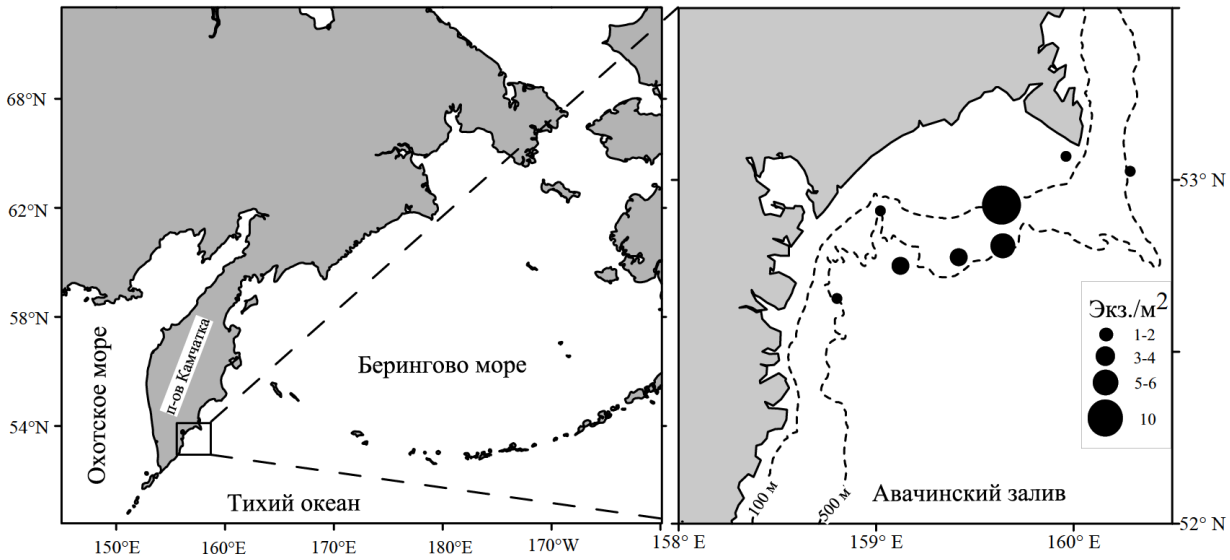

Рис. 1. Распределение личинок *A. ochotensis kamtschatica* по акватории Авачинского залива в 2017 г.

Fig. 1. Distribution of larvae of *A. ochotensis kamtschatica* in the water area of Avacha Gulf in 2017

Для описания типа и вооружения щетинок использовали классификацию Гарма (Garm, 2004): plumose setae – перистые щетинки (*п*), papposerrate setae – колючие щетинки (*к*), serrate setae – зубчатые щетинки (*з*), simple setae – простые (*г*) щетинки, cuspidate setae – остроконечные щетинки (*о*).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Argis ochotensis kamtschatica Sokolov, 2001

Зоэа II

Общая длина (*TL*) 7,4–8,3 мм (ср. 7,92 ± ± 0,07), длина карапакса (*CL*) 1,8–2,3 мм (ср. 2,0 ± 0,04), длина рострума (*RL*) 0,7–0,9 мм (ср. 0,82 ± 0,03).

Рострум длинный, тонкий, без шипов, направлен вперед. Глаза цилиндрические, подвижные. Супраорбитальные шипы отсутствуют. Птеригостомиальный шип небольшой (рис. 2, *GV*). Антеровентральный край карапакса вооружен 2–4 шипиками. Как правило, слева имеются 3–4 шипика, из которых хорошо заметны только два. Остальные шипики очень маленькие, видимые только при большом увеличении. Справа на 1–2 антеровентральных шипика меньше. У одной личинки через кутикулу была хорошо видна следующая (декаподитная) стадия с двумя дорзальными медианными шипами на карапаксе и более коротким рострумом (рис. 2, *Cp*).

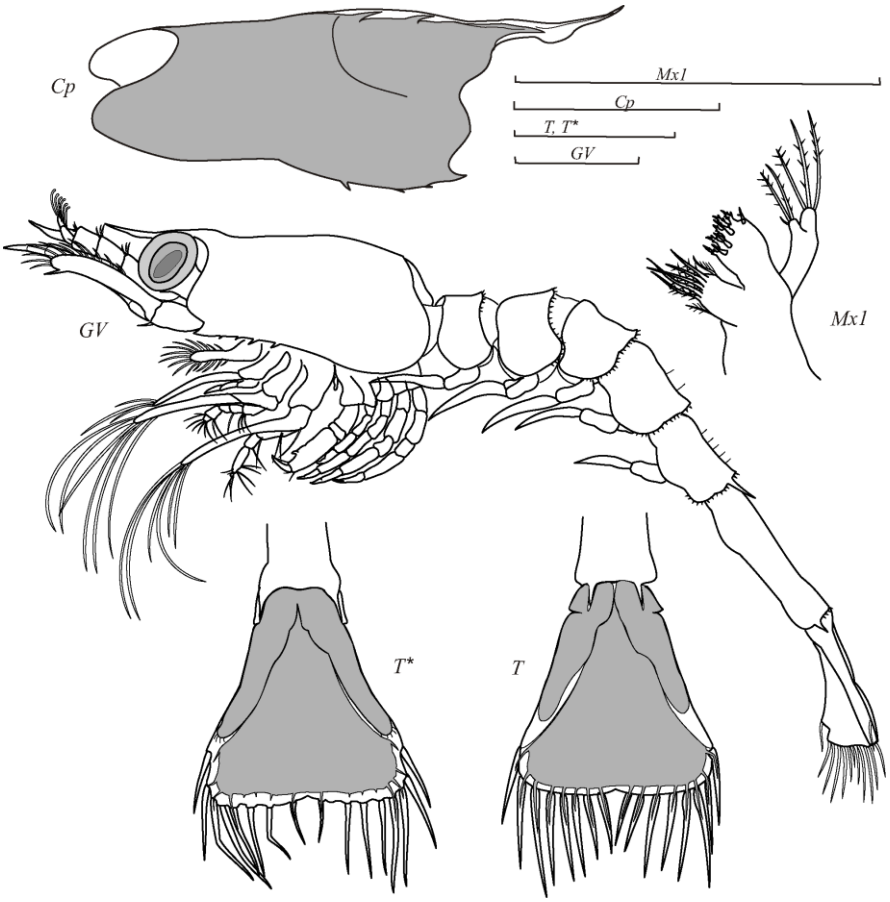

Рис. 2. Морфология общего вида, карапакса, тельсона и максиллулы зоэа II стадии *Argis ochotensis kamtschatica*. Масштаб 1,0 мм. Обозначения: *Cp* – карапакс, *GV* – общий вид личинки, *Mx1* – максиллула, *T*, *T** – варианты строения тельсона

Fig. 2. General morphology, morphology of carapace, telson and maxillule of zoeal stage II of *Argis ochotensis kamtschatica*. Scale 1,0 mm. Designations: *Cp* – carapace, *GV* – general morphology, *Mx1* – maxillule, *T*, *T** – variants of the telson structure

Основание антеннулы трехсегментное: первый сегмент с узким стилоцеритом, несколькими простыми латеральными щетиночками и несколькими короткими перистыми терминальными щетинками на внешнем крае, одним небольшим шипом на вентральной стороне; второй сегмент с 4–5 перистыми маленькими внешними терминальными щетинками; третий сегмент основания с одной длинной перистой терминальной щетинкой, одной короткой простой внешней щетинкой и тремя простыми маленькими терминальными щетинками. Экзоподит антеннулы трехсегментный, в два раза короче эндоподита; второй сегмент несет три широких эстетаска и одну простую сенсорную щетинку, дистальный сегмент несет четыре эстетаска и одну простую щетинку на конце; эндоподит несегментированный с одной простой терминальной щетинкой (рис. 3, *A1*). У некоторых личинок через кутикулу можно увидеть, что на декаподитной стадии эндоподит будет двусегментным.

Основание антенны 2-сегментное, с крупным бугорком на коксоподите и тонким терминальным шипом. Жгутик 6–7-члениковый, ненамного длиннее скафоцерита. Основание жгутика отделено. У большинства личинок можно увидеть, что на следующей стадии зоэа жгутик будет состоять из 16–20 члеников. Скафоцерит с 21–24 перистыми щетинками на внутренне-терминальном крае, шип скафоцерита длинный. Обычно на левой антенне шип скафоцерита длиннее, чем на правой (рис. 3, *A2*, *A2**).

Коксальный эндит максиллулы с пятью колючими терминальными и двумя перистыми латеральными щетинками, базиальный эндит с девятью терминальными щетинками различного строения; эндоподит с тремя колючими апикальными и двумя колючими и одной короткой простой субтерминальными щетинками (рис. 2, *Mx1*).

Коксальный эндит максиллы двулопастный, с 8*к* + 3*к* и 1*к* + 2*к* щетинками; базиальный эндит двулопастный с 4*к* + 1*к* щетинками на каждой лопасти, эндоподит 4-члениковый с 4*к*, 3*к*, 1*г*, 1*г* + 2*к* щетинками, скафогнатит с 16–21 перистыми щетинками (рис. 3, *Mx2*).

Коксоподит первой максиллипеды (*Mp1*) с небольшим эпиподитом в виде валика, вооружен шестью колючими латеральными щетинками (рис. 3, *Mp1*). Базиподит с 12 колючими латеральными щетинками, собранными в три пучка, и двумя более длинными колючими проксимальными щетинками. Эндоподит *Mp1* 4-члениковый, вооружен 4*к*, 2*к*, 2*к*, 3*з* щетинками. Экзоподит нерасчлененный, с 4 + 1 длинными перистыми щетинками.

Коксоподит второй максиллипеды (*Mp2*) с одной длинной колючей терминальной щетинкой, базиподит с восьмью колючими щетинками, собранными в три пучка (рис. 3, *Mp2*). Эндоподит *Mp2* 5-члениковый, вооружен 3*к* + 1*г*, 1*г*, 1*к*, 2*к*, 5*з* + 1*г* колючими щетинками. Экзоподит *Mp2* с шестью длинными перистыми щетинками, на его конце отделено два небольших членика.

Коксоподит третьей максиллипеды (*Mp3*) без щетинок, базиподит с двумя колючими щетинками. Эндоподит 5-члениковый, вооружен 2*к*, 1*к*, 1*к* + 1*г*, 3*к* + 2*к*, 4*з* + 1*г* щетинками. Экзоподит *Mp3* с шестью длинными перистыми щетинками, на конце отделено два небольших членика (рис. 3, *Mp3*).

Первая пара переопод с крупной ложной клешней и рудиментарным экзоподитом (рис. 3, *P1–5*). Вторая пара переопод тонкая, с настоящей клешней, одноветвистая. Третья, четвертая и пятая пары переопод одноветвистые, с заостренными дистальными члениками, без щетинок. Жабры имеются в основании всех переопод.

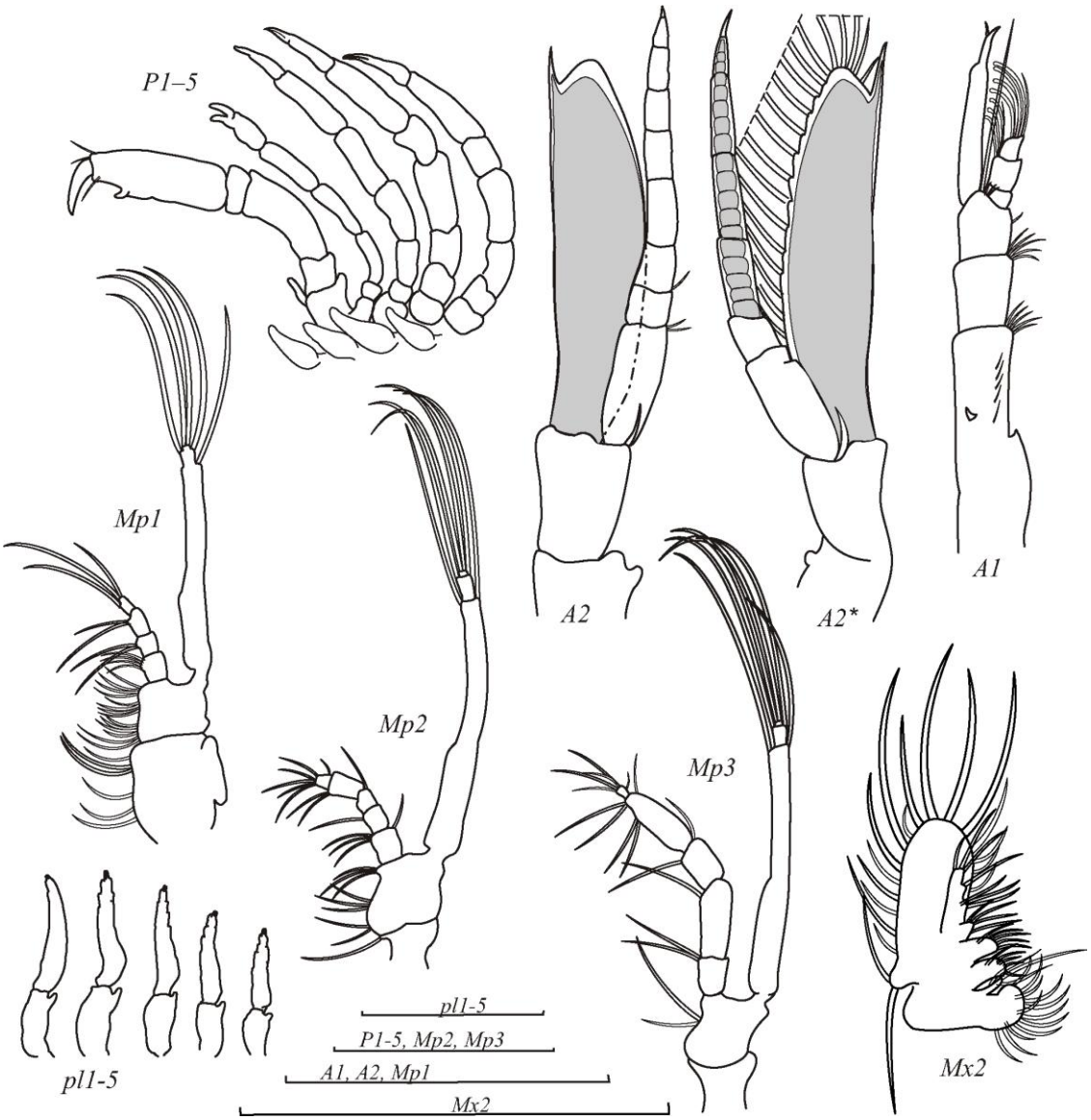

Рис. 3. Морфология конечностей зоэа II стадии *Argis ochotensis kamtschatica.* Масштаб 1,0 мм. Обозначения: *A1* – антеннула, *A2, A2** – варианты строения антенны, *Mx2* – максилла, *Mp1–3* – максиллипеды, *P1–5* – переоподы, *pl 1–5* – плеоподы

Fig. 3. Morphology of appendages of zoeal stage II of *Argis ochotensis kamtschatica*. Scale 1,0 mm. Designations: *A1* – antennule, *A2, A2** – variants of the antenna structure, *Mx2* – maxilla, *Mp1–3* – maxillipeds, *P1–5* – pereiopods, *pl 1–5* – pleopods

Плеон состоит из шести сомитов, с короткими волосками на дорзальной поверхности; пятый сомит вооружен парой тонких острых длинных дорзолатеральных шипов; терминальный край тергитов несет ряд коротких шипиков (см. рис. 2, *GV*). Маленькие едва заметные шипики имеются также на заднем крае 2–5 плевр. Задние углы анального сомита оттянуты в тонкие латеральные шипы. Анальный шип имеется.

Тельсон отделен от анального сомита, терминальный край слегка выпуклый, с маленькой выемкой посередине. На тельсоне восемь пар терминальных перистых щетинок (см. рис. 2, *T*). Через кутикулу тельсона у половины пойманных личинок видна следующая стадия зоэа с восьмью парами терминальных щетинок, у пяти экземпляров следующая стадия имеет тельсон с одной парой латеральных шипов,

тремя парами коротких тонких терминальных шипиков и тремя парами угловых и одной парой центральных щетинок (см. рис. 2, *T**). У остальных личинок следующую стадию разглядеть не удалось.

Плеоподы крупные, протоподит отделен; рудиментарный эндоподит без щетинок, экзоподит с двумя маленькими апикальными шипиками. Длина плеоподов уменьшается постепенно от первой до пятой пары (рис. 3, *pl1–5*). Уроподы отсутствуют.

Личинки видов с укороченным развитием в планктонную сеть попадают единично – не более пяти экземпляров на одной станции. Обычно они встречаются лишь в 5–8% всех взятых проб. Это связано с невысокой плодовитостью таких креветок и сжатыми сроками вылупления.

Выход личинок в планктон бывает растянут в теплые годы не более чем на две недели. Вылупление происходит на шельфе или на континентальном склоне в районе обитания взрослых особей. Младших личинок течениями относит на большие глубины, где в океанической части в это время теплее поверхностный слой воды и выше концентрация кормовых организмов. По мере развития личинки мигрируют к берегу, используя компенсаторные морские течения. К концу метаморфоза они оказываются над подходящими для оседания глубинами. Такой перенос личинок особенно характерен для Авачинского залива.

Зоэа *A. ochotensis ochotensis* присутствуют у юго-восточных берегов Камчатки с начала мая до конца июня. *A. ochotensis kamtschatica* начинает свое развитие чуть раньше: в холодные годы в начале мая, в теплые – в начале апреля, т. е. почти на месяц раньше, чем охотский подвид. Продолжительность планктонного периода *A. ochotensis*, по нашим расчетам, от 40 до 60 дней [Седова, 2019]. В эти же сроки развиваются личинки *A. dentata*. Вероятно, еще в течение двух недель в придонном слое обитают декаподиты этих видов. В планктонные пробы они попадают чрезвычайно редко, обычно в темное время суток.

От старших личинок шримса козырькового зубчатого *A. dentata* описанные в данной работе личинки отличаются строением антеннул, карапакса и меньшим количеством щетинок на базиальном эндите максиллулы. От *A. crassa* наших личинок легко отличить по форме и количеству терминальных щетинок тельсона и большему количеству сегментов экзоподита антеннулы. От старших личинок *A. lar* и *A. ovifer* описанные личинки отличаются в первую очередь наличием шипиков на тергитах и плеврах, а также более развитыми антеннулами и большим количеством щетинок на базиальном эндите максиллулы.

У младших зоэа охотского подвида *A. ochotensis* имеются шипики на плеврах, как и у камчатского подвида. На второй стадии (старшие личинки) охотский подвид эти шипики утрачивает. У старших личинок камчатского подвида в большинстве случаев шипики хорошо заметны, но у некоторых экземпляров видны только при большом увеличении. Кроме того, задние края анального сомита у *A. ochotensis ochotensis* и *A. dentata* оттянуты в виде углов, а у *A. ochotensis kamtschatica* они превратились в тонкие длинные шипы. Терминальный шип на протоподите антенны у *A. ochotensis ochotensis* очень короткий, в то время как у *A. ochotensis kamtschatica* и *A. dentata* – длинный.

У обоих подвидов охотского козырькового шримса обнаружена изменчивость количества антеровентральных шипиков на карапаксе за счет уменьшения размеров отдельных шипиков, вплоть до полной редукции. Как правило, с одной стороны у одной и той же особи на один шипик

меньше. Эта особенность была замечена уже нами ранее для *A. crassa* и *Spirontocaris murdochi* Rathbun, 1902 [Sedova, Grigoriev, 2018; 2022].

Старшие личинки охотского козырькового шримса по морфологии оказались ближе всего к *A. dentata*. Только у подвидов *A. ochotensis* на плеврах имеются терминальные шипики (спикулы). У остальных видов данного рода плевры на всех стадиях гладкие. Младшие зоэа этих видов различаются больше (таблица). У *A. dentata* и *A. ochotensis kamtschatica* рострум очень длинный на всех стадиях зоэа, а у *A. ochotensis ochotensis* на второй стадии он укорачивается. Относительная длина жгутика антенны у этих видов тоже различается. Самый короткий жгутик − у описанного в данной работе подвида. Он, как правило, ненамного длиннее скафоцерита. В некоторых случаях – почти равной длины.

Сравнение морфологии зоэа *A. ochotensis* и *A. dentata*

Comparison of zoea morphology in *A. ochotensis* and *A. dentata*

Признак	*A. ochotensis kamtschatica*	*A. ochotensis ochotensis* [Sedova, Grigoriev, 2018]	*A. dentata* [Иванов, 1968; Sedova, Grigoriev, 2018]
I стадия зоэа			
Общая длина, мм	7,6	7,7–8,3	7,4–8,5
Число шипиков *Cp*	3–4	4	3
Вооружение апикальной щетинки эндоподита *A1*	Шипики в дистальной части	Короткое опушение по всей длине	Шипики в дистальной части
Протоподит *A2*	Несегментированный	2 сегмента	Несегментированный
Жгутик *A2*	6 члеников	3-4 членика	Несегментированный
Шип скафоцерита (рис. 4)	Разной длины	Длинный	Длинный
Число щетинок на базиальном эндите *Mx1*	8	9	9
Число щетинок на скафогнатите	5	5	6–7
Наличие выемки на *T*	Имеется	Отсутствует	Имеется
Шипики на плеврах	Хорошо заметные	Очень мелкие	Отсутствуют
Анальный сегмент	Отделен от *T*	Не отделен от *T*	Отделен от *T*
II стадия зоэа			
Общая длина, мм	7,4–8,3	9,5–10,6	7,3–7,7
CL/*RL*	2,4	2,6	2,2
Число шипиков *Cp*	3(2)–4(3)	3–4	3
Число сегментов экзоподита *A1*	3	3	2
Число сенсорных щетинок *A1*	9	7	6
Отношение длины эндоподит/экзоподит *A1*	2,0–2,3	1,3–1,5	2,8–3,0
Отношение длины жгутик/скафоцерит	1,1–1,3	1,4–1,5	1,5–1,6
Шип скафоцерита (рис. 4)	Разной длины	Очень длинный	Длинный
Жгутик *A2*	7–8 члеников	5 членика	16–20
Число щетинок на базиальном эндите *Mx1*	9	9	10
Шипики на заднем крае тергитов	Имеются	Имеются	Имеются
Шипики на плеврах	Имеются	Отсутствуют	Отсутствуют
Наличие выемки на *T*	Имеется	Отсутствует	Имеется

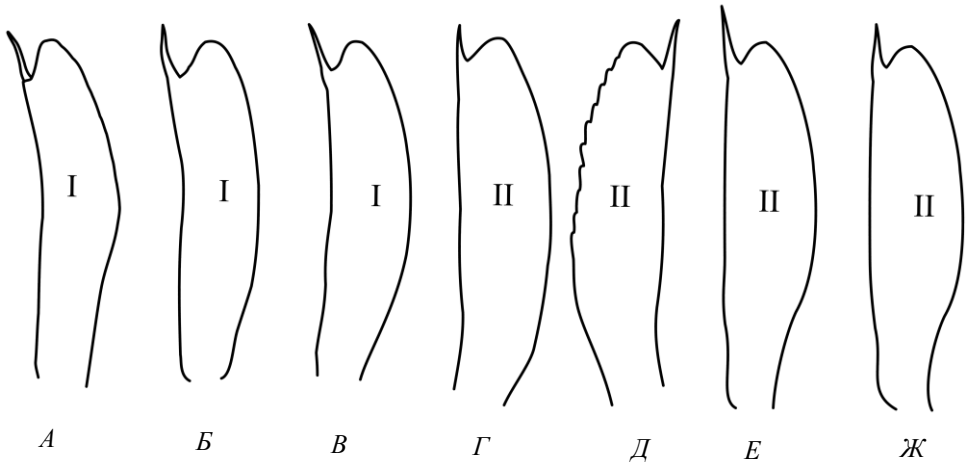

Рис. 4. Сравнение морфологии скафоцеритов личинок *Argis ochotensis kamtschatica*, *Argis ochotensis ochotensis* и *Argis dentata*: *А* – зоэа I *A. ochotensis kamtschatica*, *Б* – зоэа I *A. ochotensis ochotensis*, *В* – зоэа I *Argis dentata*, *Г*, *Д* – зоэа II *A. ochotensis kamtschatica*, *Е* – зоэа II *A. ochotensis ochotensis*, *Ж* – зоэа II *Argis dentata*

Fig. 4. Comparison of the morphology of scale larvae of *Argis ochotensis kamtschatica*, *Argis ochotensis ochotensis* and *Argis dentata*: *А* – zoeal stage I of *A. ochotensis kamtschatica*, *Б* – zoeal stage I of *A. ochotensis ochotensis*, *В* – zoeal stage I of *Argis dentata*, *Г*, *Д* – zoeal stage II of *A. ochotensis kamtschatica*, *Е* – zoeal stage II of *A. ochotensis ochotensis*, *Ж* – zoeal stage II of *Argis dentata*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Находки младших и старших личинок *A. ochotensis kamtschatica* и *A. ochotensis ochotensis* в тихоокеанских водах у восточных берегов Камчатки расширяют ареал данного вида. Два подвида охотского козырькового шримса обитают на разных глубинах и размножаются в разные сроки, благодаря чему происходит их экологическое разобщение. Смещение выхода в планктон личинок разных подвидов охотского козырькового шримса на 3–4 недели позволяет предположить различия и в сроках размножения этих подвидов.

У описанных здесь личинок обнаружена изменчивость длины шипа скафоцерита, общей длины, размеров шипиков на карапаксе, плеврах и тергитах. Подвиды охотского козырькового шримса схожи между собой по количеству антеровентральных шипиков, количеству щетинок скафогнатита у младших личинок и числу щетинок на базиальном эндите у старших, по степени расчленения экзоподита антеннулы и вооружению терминального края плеомеров. Были выявлены морфологические различия по 13 признакам: общая длина, особенно у старших личинок: вооружение апикальной щетинки антеннулы у младших; строение протоподита антенны у младших зоэа; вооружение базиального эндита у младших личинок; форма тельсона на всех стадиях; относительная длина жгутика и шипа на протоподите антенны; длина шипа скафоцерита; вооружение терминального края плевр у старших личинок; форма шипов анального сегмента у старших личинок; количество члеников жгутика антенны; длина рострума у старших личинок; количество сенсорных щетинок антеннулы; относительная длина экзоподита антеннулы.

Между собой три близкие формы (*A. ochotensis kamtschatica*, *A. ochotensis ochotensis* и *A. dentata)* различаются по пяти признакам: вооружение плеврального края брюшных сегментов; длина рострума

у старших личинок; длина и число жгутиков антенны; число сенсорных щетинок антеннулы у старших зоэа; относительная длина экзоподита антеннулы у старших зоэа; форма дорзолатеральных шипов анального сегмента у старших личинок.

Основные отличительные признаки старших зоэа *A. ochotensis kamtschatica*: наличие шипиков на заднем крае тергитов и на терминальном крае плевр; разная длина шипа правого и левого скафоцерита; трехсегментный экзоподит антеннулы; девять щетинок на базиальном эндите максиллулы; относительно короткий жгутик антенны; разное количество антеровентральных шипиков на правой и левой стороне карапакса; небольшая выемка на терминальном крае тельсона.

Все пойманные личинки имели одинаковую морфологию конечностей, карапакса и тельсона. У большей части следующая стадия – зоэа, но у некоторых – декаподит. Следовательно, этот вид в своем личиночном развитии может иметь две либо три стадии зоэа. Разные варианты встречены на одной и той же станции. Эта особенность развития нами уже была замечена для *A. lar*, *A. dentata* и *A. ovifer* [Sedova, Grigoriev, 2018].

ЛИТЕРАТУРА

Иванов Б.Г. 1968. Личинки некоторых дальневосточных креветок семейства Crangonidae (Crustacea, Decapoda). *Зоологический журнал*. Т. 47. № 4. С. 534–540.

Бандурин К.В., Карпинский М.Г. 2015. Креветки северной части Охотского моря. Москва: Изд-во ВНИРО. 214 с.

Марин И.Н. 2013. Малый атлас десятиногих ракообразных России. Москва: Товарищество научных издательств КМК. 145 с.

Слизкин А.Г. 2006. Атлас-определитель крабов и креветок дальневосточных морей России. Владивосток: ТИНРО-центр. 216 с.

Соколов В.И. 2001. Замечания о распространении и морфологической изменчивости пяти видов рода *Argis* (Crustacea, Decapoda, Crangonidae) в Охотском и Японском морях. *Зоологический журнал*. Т. 80. № 9. С. 1050–1065.

Паулов Ю.В., Швидкая З.П., Леваньков С.В., Шульгина Л.В. 2005. Исследование реологических свойств мышц охотоморских креветок. *Известия ТИНРО*. Т. 140. С. 305–315.

De Grave S., Pentcheff N.D., Ahyong S.T. et al. 2009. A classification of living and fossil genera of decapod crustaceans. *The Raffles Bulletin of Zoology*. Vol. 21. P. 1–109.

Fujita J., Drumm D.T., Iguchi A. et al. 2021. Small vs. large eggs: comparative population connectivity and demographic history along a depth gradient in deep-sea crangonid *Argis* shrimps. *Biological Journal of the Linnean Society*. Vol. XX. P. 1–17. https://doi.org/10.1093/biolinnean/blab104

Garm A. 2004. Revising the Definition of the Crustacean Seta and Setal Classification Systems Based on Examinations of the Mouthpart Setae of Seven Species of Decapods. *Zoological Journal of the Linnean Society*. № 142. P. 233–252.

Komai T. 1997. Revision of *Argis dentata* and related species (Decapoda: Caridea: Crangonidae), with description of a new species from the Okhotsk Sea. *Journal of Crustacean Biology*. Vol. 17(1). P. 135–161.

Sawada K. 1994. Ecology of Argis shrimps off Ishikawa Prefecture. *Contributions to the Fisheries Research in the Japan Sea*. Vol. 31. P. 57–67 (на японском языке).

Sedova N.A., Grigoriev S.S. 2018. Morphological features of larvae of the genus *Argis* Kroyer 1842 (Decapoda, Crangonidae) from coastal Kamchatka and adjacent waters. *Zoosystematica Rossica*. Vol. 27(1). P. 11–33.

Sedova N.A., Grigorev S.S. 2022. Morphology of the larval stages of *Spirontocaris murdochi* Rathbun 1902 (Decapoda: Thoridae) from adjacent Kamchatka marine waters. *Arthropoda selecta*. Vol. 31(1). P. 19–33.

Sokolov V.I. 2001. Decapod Crustaceans of the Southwest Kamchatka Shelf: R/V “Professor Levanidov” collection in June 1996. *Arthropoda Selecta*. Vol. 10(2). P. 103–136.

REFERENCES

Ivanov B.G. 1968. Larvae of some Far-East shrimps of the family Crangonidae (Crustacea, Decapoda). *Zoologicheskij zhurnal (Russian Journal of Zoology)*. Vol. 47 (4). P. 534–540 (in Russian).

Bandurin K.V., Karpinsky, M.G. 2015 Shrimps and prawns of the northern part Sea of Okhotsk. Moskow: VNIRO Publ. 214 p. (in Russian).

Marin I.N. 2013. Small atlas of Decapoda from Russia. Moscow: Association of scientific publications. 145 p. (in Russian).

Slizkin A.G. 2006. Atlas-guide of crabs and shrimps of far East seas of Russia. Vladivostok: TINRO-centre. 216 p. (in Russian).

Sokolov V.I. 2001. Remarks about distribution and morphological variability of five species of the genus *Argis* (Crustacea, Decapoda, Crangonidae) in the Okhotsk and Japan Seas. *Zoologicheskij zhurnal (Russian Journal of Zoology)*. Vol. 80. № 9. P. 1050–1065 (in Russian).

Paulov Yu.V., Shvidkaya Z.P., Levankov S.V., Shulgina L.V. 2005. The study of the rheological properties of the muscles of the huntingterrain shrimp. *Izvestiya TINRO (TINRO news)*. Vol. 140. P. 305–315 (in Russian).

De Grave S., Pentcheff N.D., Ahyong S.T. et al. 2009. A classification of living and fossil genera of decapod crustaceans. *The Raffles Bulletin of Zoology*. Vol. 21. P. 1–109.

Fujita J., Drumm D. T., Iguchi A. et al. 2021. Small vs. large eggs: comparative population connectivity and demographic history along a depth gradient in deep-sea crangonid *Argis* shrimps. *Biological Journal of the Linnean Society*. Vol. XX. P. 1–17. https://doi.org/10.1093/biolinnean/blab104

Garm A. 2004. Revising the Definition of the Crustacean Seta and Setal Classification Systems Based on Examinations of the Mouthpart Setae of Seven Species of Decapods. *Zoological Journal of the Linnean Society*. № 142. P. 233–252.

Komai T. 1997. Revision of *Argis dentata* and related species (Decapoda: Caridea: Crangonidae), with description of a new species from the Okhotsk Sea. *Journal of Crustacean Biology*. Vol. 17(1). P. 135–161.

Sawada K. 1994. Ecology of Argis shrimps off Ishikawa Prefecture. *Contributions to the Fisheries Research in the Japan Sea*. Vol. 31. P. 57–67 (in Japanese).

Sedova N.A., Grigoriev S.S. 2018. Morphological features of larvae of the genus *Argis* Kroyer 1842 (Decapoda, Crangonidae) from coastal Kamchatka and adjacent waters. *Zoosystematica Rossica*. Vol. 27(1). P. 11–33.

Sedova N.A., Grigorev S.S. 2022. Morphology of the larval stages of *Spirontocaris murdochi* Rathbun 1902 (Decapoda: Thoridae) from adjacent Kamchatka marine waters. *Arthropoda selecta*. Vol. 31(1). P. 19–33.

Sokolov V.I. 2001. Decapod Crustaceans of the Southwest Kamchatka Shelf: R/V “Professor Levanidov” collection in June 1996. *Arthropoda Selecta*. Vol. 10(2). P. 103–136.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ
INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Седова Нина Анатольевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук; доцент; профессор кафедры «Водные биоресурсы, рыболовство и аквакультура»; sedova67@bk.ru. SPIN-код: 5638-3959; Author ID: 664456; Scopus ID: 7003300397.

Sedova Nina Anatolievna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences; Docent; Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair; sedova67@bk.ru. SPIN-code: 5638-3959; Author ID: 664456; Scopus ID: 7003300397.

УДК 597.552.511+598.279.23(571.66) DOI: 10.17217/2079-0333-2023-64-43-52

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ЧИСЛЕННОСТЬЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ НЕРКИ (*ONCORHYNCHUS NERKA*) И ЗИМУЮЩИХ БЕЛОПЛЕЧИХ ОРЛАНОВ (*HALIAEETUS PELAGICUS*) НА ОЗЕРЕ КУРИЛЬСКОМ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)

Лобков Е.Г.[1], Дубынин В.А.[2]

[1] Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35.
[2] Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), г. Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная 18.

На озере Курильском более 40 лет ежегодно регистрируется феноменальное зимнее скопление трех видов крупных хищных птиц: беркута (*Aquila chrysaetos*), орлана-белохвоста (*Haliaeetus albicilla*) и белоплечего орлана (*H. pelagicus*). Доминирует белоплечий орлан. Многолетняя динамика численности белоплечих орланов на озере Курильском демонстрирует очевидность связи между численностью птиц и производителей нерки (*Oncorhynchus nerka*). Однако статистической обработки данных не проводили, и насколько эта связь значительна оставалось неизвестным. Нами рассчитан коэффициент корреляции между численностью белоплечих орланов и численностью зашедшей на нерест нерки за 1976–2008 гг. Он оказался равным 0,673, что указывает на наличие в целом значительной взаимосвязи между численностью рыбы и зимующих на озере крупных хищных птиц. При этом установлено, что показатели корреляционной связи функционально менялись в разные периоды времени.

Ключевые слова: белоплечий орлан, корреляционные связи, нерка, озеро Курильское.

CORRELATION BETWEEN THE NUMBER OF SOCKEYE SALMON (*ONCORHYNCHUS NERKA*) PRODUCERS AND WINTERING STELLER'S SEA EAGLES (*HALIAEETUS PELAGICUS*) ON LAKE KURILSKOYE (SOUTHERN KAMCHATKA)

Lobkov E.G.[1], Dubynin V.A.[2]

[1] Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Klyuchevskaya Str. 35.
[2] Kamchatka Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str. 18.

A phenomenal winter cluster of three large bird species of prey such as Golden eagle (*Aquila chrysaetos*), White-tailed eagle (*Haliaeetus albicilla*) and Steller's sea eagle (*H. pelagicus*) is recorded on Lake Kurilskoye more than 40 years annually. The Steller's sea eagle is a dominant species. The long-term dynamics of Steller's sea eagle number on Lake Kurilskoye demonstrates obvious connection between the number of birds and sockeye salmon producers (*Oncorhynchus nerka*). However, no statistical data processing was carried out and the significance of this relationship was unknown. The correlation coefficient between the number of Steller's sea eagles and sockeye salmon that came to spawn during 1976–2008

was 0.673. It indicates the significant relationship between the number of fish and large bird species of prey wintering on the lake. At the same time, it was found that the correlation indicators changed functionally in different periods of time.

Key words: Steller's sea eagle, correlations, sockeye salmon, Lake Kurilskoye.

ВВЕДЕНИЕ

На Камчатке регулярно, из года в год, зимуют три вида крупных хищных птиц: белоплечий орлан (*Haliaeetus pelagicus*), орлан-белохвост (*H. albicilla*) и беркут (*Aquila chrysaetos*), эпизодически и единично бывает белоголовый орлан (*H. leucocephalus*). Все они занесены в Красную книгу Камчатки [Лобков, 2018а, б, в, г]. Преобладает по численности белоплечий орлан, камчатская популяция которого – важнейшая в ареале вида [Лобков, 2018г]. Для каждого из них важными местами зимовки являются незамерзающие водотоки и водоемы. Это связано с тем, что решающее большинство рек, ручьев и озер Камчатки относится к лососевым, и рыбы этой группы – важнейший корм крупных хищных птиц в критически тяжелый для жизни период года – зимой. Особенно большое значение имеют нерестилища тихоокеанских лососей. Почти всюду на Камчатке, где зимой остаются незамерзающие участки нерестилищ тихоокеанских лососей, можно встретить крупных хищных птиц. Численность и характер размещения птиц зависят прежде всего от обилия и доступности рыбы, представленной поздними мигрантами, нерестящимися и отнерестившимися лососями, включая снулых и лошалых особей.

Помимо рассеянного размещения по берегам многих водоемов, на реках и озерах Камчатки, известны сезонные скопления крупных хищных птиц, когда на небольших участках в течение недель или месяцев собираются десятки и сотни особей [Лобков, 2008]. Особый интерес представляет в этом отношении бассейн озера Курильского, расположенного на юге полуострова Камчатка на территории Федерального заказника «Южно-Камчатский». Массовые скопления птиц объясняются обилием здесь нерки (*Oncorhynchus nerka*), заходящей в озеро на нерест. Местная популяция нерки – крупнейшая в Азии [Бугаев и др., 2009]. Регулярность, с которой возникают скопления птиц, объясняется регулируемым пропуском производителей нерки в соответствии с оптимальным заполнением ее нерестилищ. В естественных (нерегулируемых) условиях, как правило, зимние скопления птиц возникают нерегулярно [Лобков, 2008].

Вслед за заполнением нерестилищ неркой на озере Курильском вот уже более 40 лет ежегодно образуется феноменальное зимнее скопление указанных выше трех видов крупных хищных птиц. Бывает здесь и белоголовый орлан [Лобков, Жуков, 2016]. А вместе с разными другими видами птиц (гусеобразными, чайками, воробьеобразными и некоторыми другими) на озере образуется целостное орнитологическое сообщество, трофически ориентированное на потребление нерки и отличающееся своеобразием трофических и поведенческих отношений между основными потребителями рыбы [Ладыгин, 2000; Лобков, 2002]. Белоплечий орлан играет в этом сообществе важную роль, часто оказываясь пионером в добыче рыбы, которую затем потребляют и другие птицы.

Численность крупных хищных птиц в разные сезоны зависит от состояния

ледовой обстановки на озере и впадающих в него реках и, конечно, от количества рыбы. В 1990 г., когда на нерест в озеро зашло 6,0 млн производителей нерки, в связи с ее обилием и доступностью в течение практически всей зимы суммарная численность зимовочного скопления крупных хищных птиц превышала 800 особей, в том числе до 750 особей белоплечих орланов. Это был максимальный за все время наших исследований показатель численности зимовавших крупных хищных птиц на Курильском озере. С зарегулированием пропуска производителей в озеро численность крупных хищных птиц зимой сократилась и более или менее стабилизировалась на уровне 150–300 (обычно 200–250) особей [Лобков, 2018г].

Таким образом, озеро Курильское в течение нескольких десятилетий по сути является важной стацией переживания для зимующих крупных хищных птиц Камчатки, и прежде всего для белоплечего орлана. В неблагоприятные по природным особенностям сезоны (холодные зимы с суровой ледовой обстановкой в бассейне озера), когда рыбы на мелководных нерестилищах немного или она не доступна птицам, зимовочное скопление птиц распадается быстрее, раньше, и орланы могут собираться в других местах на Камчатке или вблизи нее, например, в Авачинской губе, на реке Аваче, а также на острове Парамушир, в районе г. Северо-Курильска, на городской свалке и берегах острова [Лобков, 2010, 2016, неопубликованные данные).

Диаграмма многолетней динамики численности белоплечих орланов за период времени, когда у нас были наиболее четкие и регулярные (ежегодные) учеты крупных хищных птиц на озере Курильском, демонстрирует очевидность связи между численностью птиц и пропуском в озеро производителей нерки. Однако статистической обработки данных не производили, и насколько эта связь значительна и достоверна оставалось неизвестным. Восполнение этого пробела является задачей настоящей статьи.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Мы рассчитали коэффициент корреляции, основываясь на имеющихся данных о численности белоплечих орланов (как доминирующего вида среди крупных хищных птиц) и информации по заполнению нерестилищ нерки на Курильском озере за 1976–2008 гг. [Лобков, 2008] (рис. 1). Птиц учитывали в бинокль, используя все возможности для обследования подходящих орланам мест обитания в бассейне озера в текущем сезоне: пешие маршруты, снегоходы, моторную лодку или мотодору, облет озера и водотоков на вертолете [Ладыгин и др., 1991]. В качестве удобного наблюдательного пункта использовали мыс Травяной, возвышающийся над местностью, откуда открывается обзор на южную часть бассейна озера, где сосредоточены наибольшие скопления орланов. Часто учеты производили неоднократно в течение зимы с участием работников охраны Кроноцкого заповедника. В одни сезоны учеты удавалось произвести комбинацией всех или большинства вариантов обследования местности, в другие – лишь несколькими из них. В зимы, благоприятные по ледовой обстановке, при растянутом нересте нерки и доступности рыбы на нерестилищах, орланов учитывали с декабря по март. В суровые зимы время для учетов могло быть ограничено несколькими неделями в период с декабря по январь. Итоговый результат по каждому сезону соответствует максимальному из зарегистрированных показателей в данную зиму.

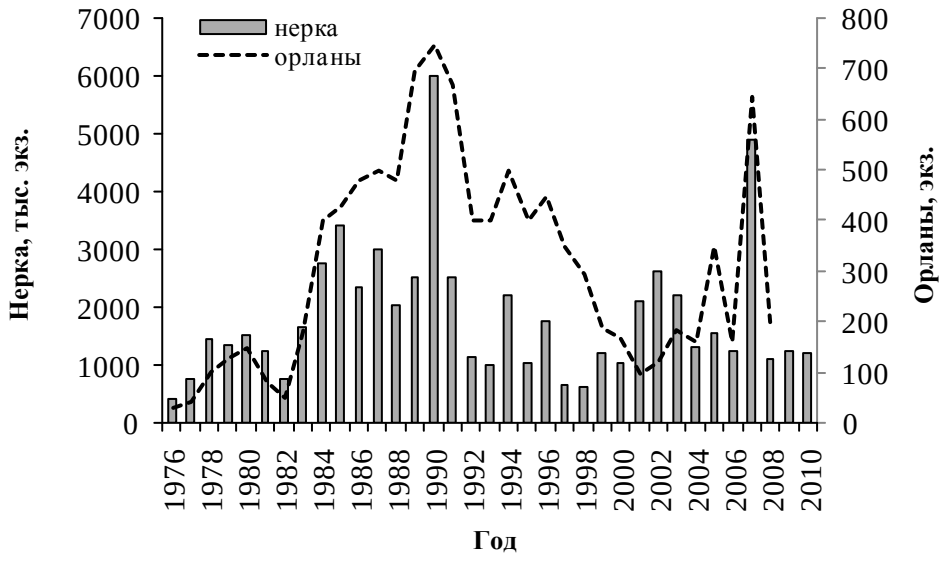

Рис. 1. Изменения численности производителей нерки и зимующих белоплечих орланов [по: Лобков, 2008, с дополнениями) на оз. Курильском

Fig. 1. Changes in the number of sockeye salmon producers and wintering Steller's sea eagles [from: Lobkov, 2008, with changes) on Lake Kurilskoye

Численность нерки, пропущенной в озеро Курильское на нерест, определяется ежегодно сотрудниками КамчатНИРО по результатам подсчета на рыбоучетном заграждении на Озерновском наблюдательном пункте в истоке р. Озерной [Дубынин и др., 2021].

Все математические расчеты проведены в программах Microsoft Excel и Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рассчитанный нами коэффициент корреляции между численностью белоплечих орланов и численностью зашедшей на нерест нерки оказался равным 0,673, что указывает на наличие в целом значительной взаимосвязи между ними. Однако последующий корреляционный анализ, проведенный по 5-летиям, показал, что показатели корреляционных связей в разные периоды времени заметно менялись (таблица).

Очень сильная связь отмечена для первого, второго и четвертого 5-летних периодов. Для третьего периода связь была сильной, а для пятого и шестого – умеренной, причем в шестой период связь изменила знак и стала отрицательной. Отметим, что при расширении шестого периода на три года (2001–2008 гг.) связь снова стала положительной и увеличилась до сильной. Для третьего, пятого и шестого периодов связь была недостоверной (таблица).

Для понимания причин изменений, произошедших в рассмотренные годы, проведен регрессионный анализ. Функциональная связь между численностью производителей нерки и численностью зимующих на озере Курильском белоплечих орланов в 1976–1996 гг. достаточно хорошо описывалась уравнением степенной функции (рис. 2).

Однако, если показатель степени в уравнении для периода 1976–1985 гг. был больше единицы, то в 1986–1996 гг. – меньше. Это привело к изменению графика функции, заметному снижению плотности связи как во второй период, так и в целом в указанные годы. Снизилась и детерминация, которая в целом для периода 1976–1996 гг.

составила немногим более 56%. Отдельно для 1976–1985 и 1986–1996 гг. детерминация соответственно равнялась порядка 96 и 68% (рис. 2).

В 1997–2008 гг. функциональная связь между численностью производителей нерки и численностью зимующих на оз. Курильском белоплечих орланов описывалась уже другим уравнением – полиномиальной функции. Отметим, что для периода 1997–2000 гг. ветви параболы были направлены вверх, а для периода 2001–2005 гг. – вниз (рис. 3), причем в оба периода связь была недостоверной.

Значения коэффициентов корреляции при изучении связи между численностью производителей нерки на нерестилищах озера Курильского (река Озерная) и численностью зимующих на озере белоплечих орланов в 1976–2008 гг.

Correlation coefficient values in the study of the relationship between the number of sockeye salmon producers on the spawning grounds of Lake Kurilskoye (Ozernaya River) and the number of wintering Steller's sea eagles during 1976–2008

Значения*	Годы							
	1976–1980	1981–1985	1986–1990	1991–1995	1996–2000	2001–2005	2001–2008	1976–2008
r	0,931	0,982	0,720	0,922	0,325	–0,496	0,752	0,673
p	< 0,05	< 0,05	> 0,05	< 0,05	> 0,05	> 0,05	< 0,05	< 0,01
n	5	5	5	5	5	5	8	33

* *r* – коэффициент корреляции; *p* – уровень значимости, доверительная вероятность; *n* – число сравниваемых пар

* *r* – correlation coefficient; *p* – significance level, confidence probability; *n* – the number of pairs being compared

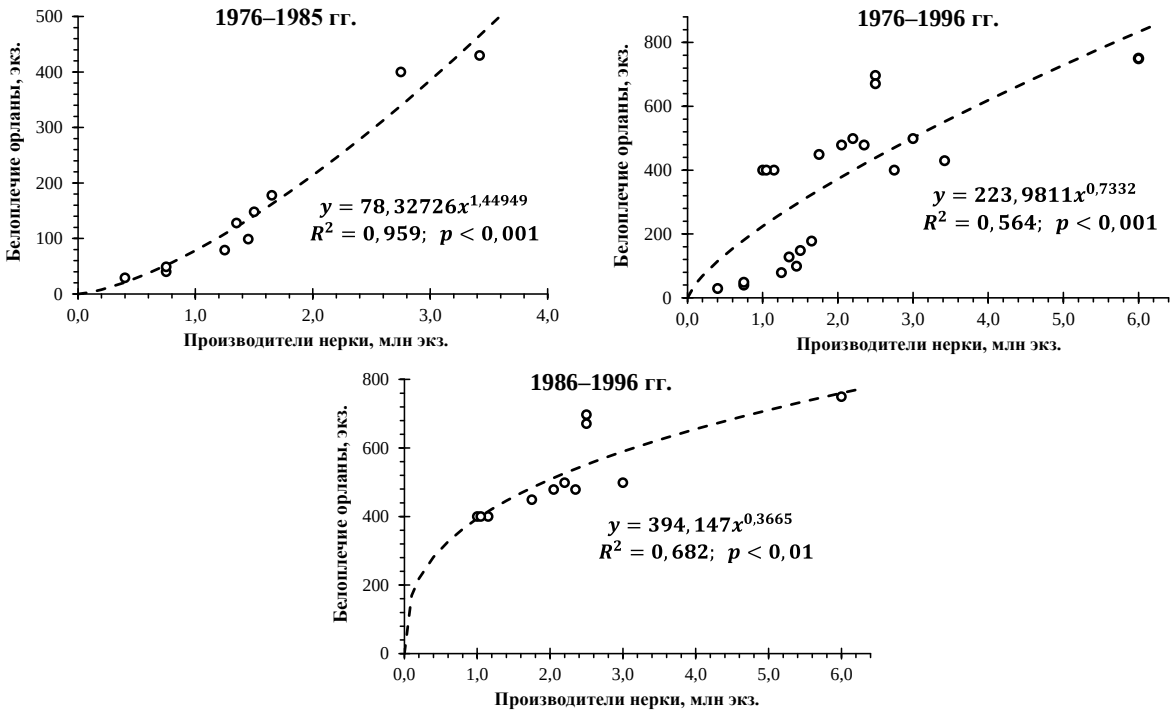

Рис. 2. Связь между численностью производителей нерки на нерестилищах оз. Курильского (р. Озерная) и численностью зимующих на озере белоплечих орланов в 1976–1996 гг.

Fig. 2. The relationship between the number of sockeye salmon producers on the spawning grounds of Lake Kurilskoye (Ozernaya River) and the number of Steller's sea eagles wintering on the lake during 1976–1996

Однако при расширении второго периода на три года ветви параболы развернулись вверх, плотность связи заметно повысилась, а сама связь стала достоверной (рис. 3). В целом для периода 1997–2008 гг. плотность связи была несколько ниже, чем для 1997–2000 и 2001–2008 гг., но оставалась достаточно высокой, а детерминация для 1997–2008 гг. составила почти 81%. Точка 2005 г. была оценена как выброс. С учетом выброса связь стала заметно более плотной и характеризовалась как очень сильная и высокодостоварная, а детерминация рассмотренных признаков полученным уравнением регрессии превысила 95% (рис. 4).

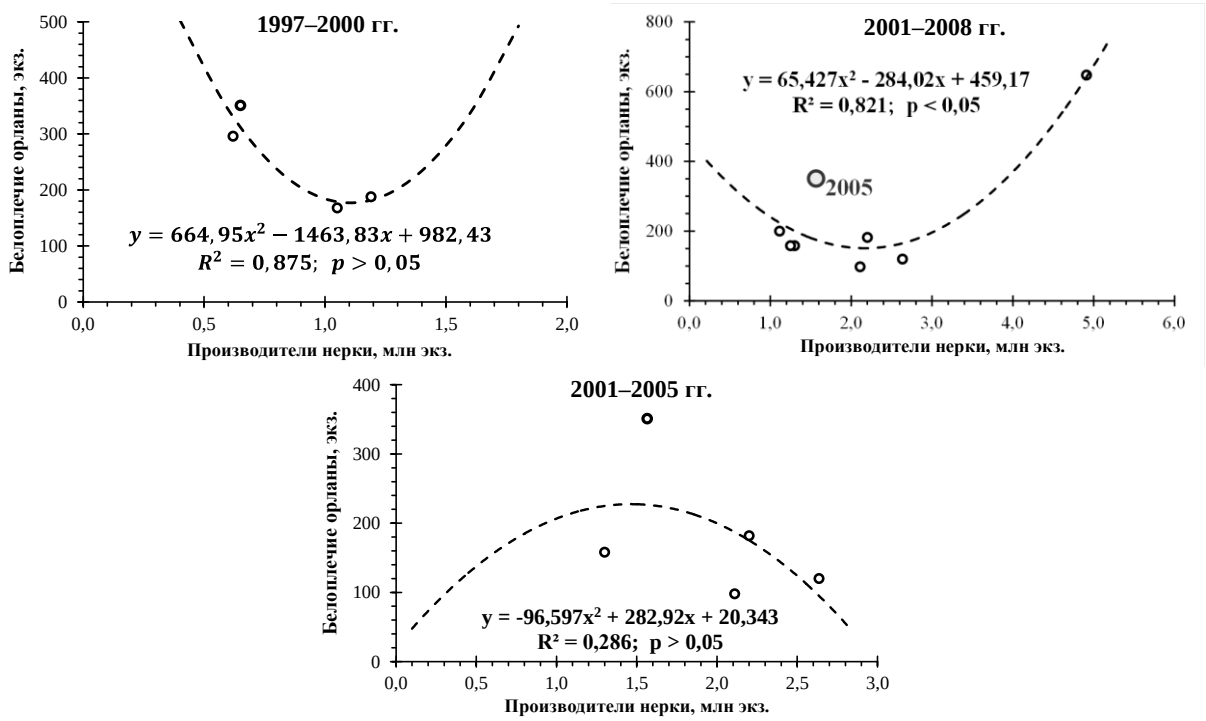

Рис. 3. Связь между численностью производителей нерки на нерестилищах озера Курильского (река Озерная) и численностью зимующих на озере белоплечих орланов в период 1997–2008 гг.

Fig. 3. The relationship between the number of sockeye salmon producers on the spawning grounds of Lake Kurilskoye (Ozernaya River) and the number of Steller's sea eagles wintering on the lake during 1997–2008

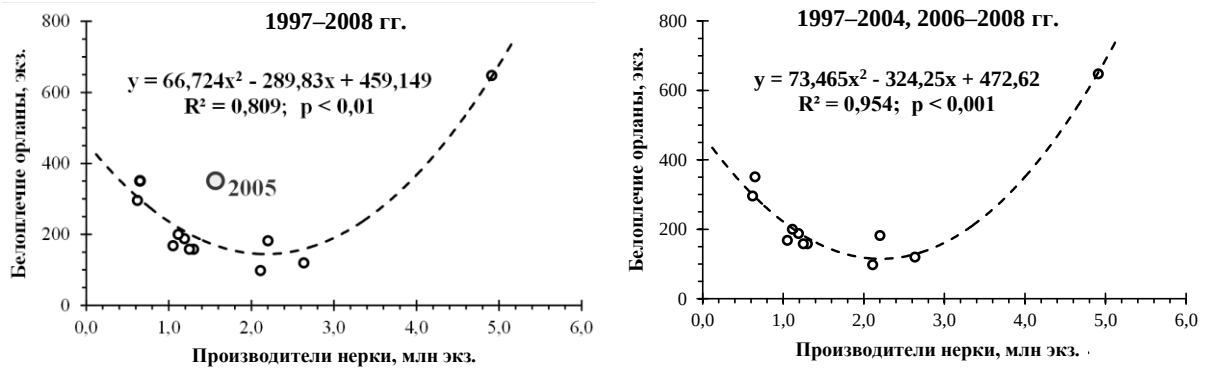

Рис. 4. Связь между численностью производителей нерки на нерестилищах оз. Курильского (р. Озерная) и численностью зимующих на озере белоплечих орланов в период 1997–2008 гг.

Fig. 4. The relationship between the numbers of sockeye salmon producers on the spawning grounds of Lake Kurilskoye (Ozernaya River) and Steller's sea eagles wintering on the lake during 1997–2008

Проведенный для периода 1976–2008 гг. ретроспективный анализ показал наличие между численностью производителей нерки на нерестилищах озера Курильского (река Озерная) и численностью зимующих на озере белоплечих орланов значительной и сильной связи, которая в разные годы менялась функционально. Так, для этапа 1976–1996 гг. связь достаточно хорошо описывалась уравнением степенной функции, а для этапа 1997–2008 гг. – полиномиальной. Причем внутри этапов связь, сохраняясь функционально, изменялась в форме проявления по 5-летиям. Возможно, это связано с некоторой «инерцией» в поведении орланов. Так, в 1983–1985 гг. вслед за последовательным увеличением численности производителей нерки на нерестилищах следовал рост численности зимующих на оз. Курильском белоплечих орланов. В 1986 г. численность производителей снизилась почти на миллион, а численность белоплечих орланов продолжала увеличиваться. В 1997–1998 гг. численность производителей заметно снижалась. Снижалось и число зимовавших на озере белоплечих орланов. В 1999–2001 гг. численность производителей возрастала. Однако снижение числа орланов продолжилось. Кроме того, в 2005 г. отмечено несоразмерное, по сравнению с увеличением численности производителей нерки на нерестилищах озера Курильского, увеличение числа зимующих на озере в этот год белоплечих орланов (см. рис. 1).

На возможность наличия корреляционных связей между численностью тех же трех видов крупных хищных птиц и численностью нерки на нерестилищах озера Азабачьего обратили внимание в свое время В.Ф. Бугаев и А.Г. Остроумов [2004]. Они обработали материалы многолетних учетов зашедшей на нерест в озеро нерки и собравшихся на кормежку орланов и беркута в летне-осенние месяцы с 1957 по 1996 гг. (n = 34).

Озеро Азабачье расположено в низовье р. Камчатки и является важнейшим нерестилищем нерки в бассейне этой крупнейшей реки полуострова Камчатка. За весь период наблюдений показатели коэффициентов корреляции на Азабачьем озере оказались относительно невысоки ни в целом для всей группы птиц (0,259), ни для каждого из видов (0,064–0,264). Но для отдельных периодов времени, выделенных с учетом особенностей динамики камчатской популяции нерки в условиях ограничения японского дрифтерного промысла и перераспределения доминантных поколений численности горбуши на Западной Камчатке, отмечен ряд положительных достоверных корреляционных значений. Наиболее значительными они оказались для орланов, прежде всего белоплечего орлана: 0,465–0,905 в период с 1977 по 1996 гг. и в особенности с 1977 по 1984 гг. Положительная корреляция для орлана-белохвоста и беркута на Азабачьем озере не столь очевидна [Бугаев, Остроумов, 2004] в том числе из-за того, что численность птиц этих видов невелика и выборки малы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам математической обработки многолетних (1976–2008 гг., n = 33) рядов данных учетов заходящей на нерест нерки на озере Курильском и численности собирающихся здесь зимой крупных хищных птиц установлена значительная и сильная положительная корреляционная связь между численностью производителей нерки и численностью зимующих белоплечих орланов. Вероятно, эту корреляцию можно отнести не только к белоплечему орлану, но ко всему зимовочному скоплению крупных хищных птиц на озере, поскольку

доля белоплечих орланов в этом скоплении решающая. При этом показано, что корреляционная связь в разные годы функционально менялась. Для периода 1976–1996 гг. она описывалась уравнением степенной функции, а для периода с 1997 г. по 2008 г. – уравнением полиномиальной функции. Это может быть связано с тем, что численность орланов определяется еще особенностями их сезонного поведения. Орланы способны быстро покидать места, где становятся недоступными или заканчиваются источники пищи, и скапливаются там, где такие источники появляются вновь. Кроме того, орланы способны посещать традиционные места кормежки, где ранее были хорошие условия для питания, даже если в данный сезон трофическая обстановка здесь неблагоприятна.

Положительная корреляционная связь между численностью белоплечих орланов и численностью заходящей на нерест нерки на озере Курильском не является уникальной. Положительные достоверные корреляционные связи между заходящей на нерест неркой и численностью орланов в летне-осеннее время получены также для некоторых периодов времени в ряду многолетних наблюдений на озере Азабачьем [Бугаев, Остроумов, 2004].

Очевидно, положительная корреляция между численностью нерки на нерестилищах двух крупных пресных озер Камчатки и собирающихся на этих озерах белоплечих орланов как в летне-осеннее время, так и зимой является правилом. Но в разные временные отрезки в многолетних рядах наблюдений сила и функциональный характер корреляционных связей могут быть разными в зависимости в том числе от особенностей традиционных форм поведения птиц и различных факторов, определяющих динамику камчатской популяции нерки.

ЛИТЕРАТУРА

Бугаев В.Ф., Маслов А.В., Дубынин В.А. 2009. Озерновская нерка (биология, численность, промысел). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 156 с.

Бугаев В.Ф., Остроумов А.Г. 2004. Влияние численности производителей нерки *Oncorhynchus nerka* на численность бурого медведя *Ursus arctos* и некоторых видов птиц в бассейне оз. Азабачьего (бассейн р. Камчатки). *Материалы научной конференции* «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». С. 264–267.

Дубынин В.А., Лепская Е.В., Кириллова Е.А. 2021. Методика визуального учета производителей нерки, заходящих на нерест в озеро Курильское (Камчатка). *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. Вып. 63. С. 73–81.

Ладыгин А.В. 2000. Птицы лососевых нерестилищ Камчатки: экологические стратегии существования. *Биология и охрана птиц Камчатки.* Вып. 2. Москва: Изд-во Центра охраны дикой природы. С. 54–68.

Ладыгин А.В., Лобков Е.Г., Ладыгина О.Н. 1991. Крупнейшая зимовка белоплечих орланов на озере Курильском (Южная Камчатка). *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический.* Т. 96. Вып. 1. С. 48–57.

Лобков Е.Г. 2002. Трофические связи птиц с лососевыми рыбами на Камчатке. *Биология и охрана птиц Камчатки.* Вып. 4. Москва: Изд-во Центра охраны дикой природы. С. 3–30.

Лобков Е.Г. 2008. Птицы в экосистемах лососевых водоемов Камчатки. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 96 с.

Лобков Е.Г. 2010. Динамика скоплений крупных хищных птиц на юге Камчатки и на Северных Курильских островах зимой 2008/09 гг. *Биология и охрана птиц Камчатки.* Вып. 9. Москва: Изд-во Центра охраны дикой природы. С. 107–109.

Лобков Е.Г. 2016. Скопление крупных хищных птиц на острове Парамушир зимой 2015/16 года и определяющие его факторы. *Русский орнитологический журнал.* Т. 25. Экспресс-выпуск № 1279. С. 1532–1537.

Лобков Е.Г. 2018а. Беркут *Aquila chrysaetos* (Linnaeus, 1758). В кн.: Красная книга Камчатского края. Т. 1. Животные (отв. ред. А.М. Токранов). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 105.

Лобков Е.Г. 2018б. Орлан-белохвост *Haliaeetus albicilla* (Linnaeus, 1758). В кн.: Красная книга Камчатского края. Т. 1. Животные (отв. ред. А.М. Токранов). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 106.

Лобков Е.Г. 2018в. Белоголовый орлан *Haliaeetus leucocephalus* (Linnaeus, 1766). В кн.: Красная книга Камчатского края. Т. 1. Животные (отв. ред. А.М. Токранов). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 107.

Лобков Е.Г. 2018г. Белоплечий орлан *Haliaeetus pelagicus* (Pallas, 1811). В кн.: Красная книга Камчатского края. Т. 1. Животные (отв. ред. А.М. Токранов). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 108.

Лобков Е.Г., Жуков М.И. 2016. Статус белоголового орлана на Камчатке: залетный и эпизодически зимующий вид. *Орнитология.* Вып. 40. Москва: МГУ. С. 137–139.

REFERENCES

Bugaev V.F., Maslov A.V., Dubynin V.A. 2009. Sockeye Salmon of the Ozernaya River (Life History, Abundance, Utilization). Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. 156 p. (in Russian).

Bugaev V.F., Ostroumov A.G. 2004. Impact of sockeye salmon producers *Oncorhynchus nerka* on the number of brown bear *Ursus arctos* and some species of birds in the lake basin Azabachye (Kamchatka River basin). *Proceedings of scientific conference* “Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters”. P. 264–267 (in Russian).

Dubynin V.A., Lepskaya E.V., Kirillova E.A. 2021. Method of quantitative visual assessment of abundance of sockeye salmon spawners running to Kurile Lake (Kamchatka) for reproduction. *Issledovanija vodnyh biologicheskih resursov Kamchatki i severo-zapadnoj chasti Tihogo okeana (The Research of Water Biological Resources of Kamchatka and of the Northwestern Part of Pacific Ocean).* Vol. 63. P. 73–81 (In Russian).

Ladygin A.V. 2000. Birds of salmon spawning grounds of Kamchatka: ecological strategies for existence. *Biologiya i ohrana ptic Kamchatki (The Biology and Conservation of the Birds of Kamchatka).* Vol. 2. Moscow: BCC Press Publ. P. 54–68 (in Russian).

Ladygin A.V., Lobkov E.G., Ladygina O.N. 1991. The hugest wintering of White-Shouldered Eagle at Kuril Lake (South Kamchatka). *Bjulleten' Moskovskogo obshhestva ispytatelej prirody. Otdel biologicheskij (Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological Series).* Vol. 96. № 1. P. 48–57 (in Russian).

Lobkov E.G. 2002. Trophic connections of birds with salmon fish in Kamchatka. *Biologiya i ohrana ptic Kamchatki (The Biology and Conservation of the Birds of Kamchatka).* Vol. 4. Moscow: BCC Press Publ. P. 3–30 (in Russian).

Lobkov E.G. 2008. Birds in the ecosystems of salmon reservoirs of Kamchatka. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. 96 p. (in Russian).

Lobkov E.G. 2010. Dynamics of clusters of large birds of prey in the south of Kamchatka and on Northern Kuril Islands in winter 2008/09. *Biologiya i ohrana ptic Kamchatki (The Biology and Conservation of the Birds of Kamchatka).* Vol. 9. Moscow: BCC Press Publ. P. 107–109 (in Russian).

Lobkov E.G. 2016. Accumulation of crappy birds of prey on Paramushir Island in winter 2015/16 and its determinants. *Russkij ornitologicheskij zhurnal (The Russian Journal of Ornithology*). Vol. 25. Express Issue № 1279. P. 1532–1537 (in Russian).

Lobkov E.G. 2018a. Golden eagle *Aquila chrysaetos* (Linnaeus, 1758). In: Red Book of Kamchatka Territory. Vol. 1. Animals (ed. by A.M. Tokranov). Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 105 (in Russian).

Lobkov E.G. 2018б White-tailed eagle *Haliaeetus albicilla* (Linnaeus, 1758). In: Red Book of Kamchatka Territory. Vol. 1. Animals (ed. by A.M. Tokranov). Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 106 (in Russian).

Lobkov E.G. 2018в. Bald eagle *Haliaeetus leucocephalus* (Linnaeus, 1766). In: Red Book of Kamchatka Territory. Vol. 1. Animals (ed. by A.M. Tokranov). Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 107 (in Russian).

Lobkov E.G. 2018г. Steller’s Sea eagle *Haliaeetus pelagicus* (Pallas, 1811). In: Red Book of Kamchatka Territory. Vol. 1. Animals (ed. by A.M. Tokranov). Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 108 (in Russian).

Lobkov E.G., Zhukov M.I. 2016. The status of the Bald eagle in Kamchatka: flying and sporadically overwintering species. *Ornithologia (Ornithology).* Vol. 40. Moscow: Published by Moscow State University. P. 137–139 (in Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Лобков Евгений Георгиевич – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук; профессор кафедры «Водные биоресурсы, рыболовство и аквакультура»; lobkov48@mail.ru. SPIN-код: 2533-6452, Author ID: 396361; Scopus ID: 6506556409.

Lobkov Evgeny Georgievich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences; Professor of the Aquatic Bioresources, Fisheries and Aquaculture Chair; lobkov48@mail.ru. SPIN-code: 2533-6452, Author ID: 396361; Scopus ID: 6506555409.

Дубынин Владимир Александрович – Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО); 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; главный специалист; dubynin.v.a@kamniro.ru. SPIN-код: 5643-2850, Author ID: 750882.

Dubynin Vladimir Aleksandrovich – Kamchatka Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO); 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Leading Specialist; dubynin.v.a@kamniro.ru. SPIN-code: 5643-2850, Author ID: 750882.

УДК 639.2.053:597.3(265.53) DOI: 10.17217/2079-0333-2023-64-53-75

ДОМИНИРУЮЩИЕ ВИДЫ ДОННОГО И ПРИДОННОГО ИХТИОЦЕНА ЗАПАДНОКАМЧАТСКОГО ШЕЛЬФА: РАЗМЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Матвеев А.А., Варкентин А.И.

Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО), г. Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18.

Данная работа является продолжением исследования, посвященного многолетней динамике состояния запасов рыб, обитающих в Охотском море на шельфе у западного побережья Камчатки. Представлены данные о размерном составе 20 доминирующих видов рыб, описанных в первом сообщении. Информация была собрана в 2014–2021 гг. Всего было обработано 1 740 научных тралений, выполненных в летний период. Полученные сведения позволили расширить имеющиеся знания о предельной длине отдельных представителей ихтиофауны.

Ключевые слова: донные траловые съемки, Западная Камчатка, западнокамчатский шельф, Охотское море, размерный состав.

BOTTOM AND NEAR-BOTTOM ICHTHIOCENE DOMINANT SPECIES OF WESTERN KAMCHATKA SHELF: SIZE COMPOSITION

Matveev A.A., Varkentin A.I.

Kamchatka Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO), Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str. 18.

This work continues our study on the long-term dynamics of the state of fish stocks from the Sea of Okhotsk on the shelf off Western Kamchatka. Data on size composition of 20 dominant fish species that were described in our first paper are presented. The information was collected during 2014–2021. A total of 1,740 scientific trawls carried out during the summer period were processed. The obtained information allowed to expand the existing ideas about the maximum length of ichthyofauna individual representatives.

Key words: bottom trawl surveys, Western Kamchatka, Western Kamchatka shelf, Sea of Okhotsk, size composition.

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее сообщение о размерных характеристиках рыб является продолжением представленной ранее статьи [Матвеев, Варкентин, 2022], посвященной доминирующим видам западнокамчатского шельфа Охотского моря. За годы научных экспедиций, выполненных с 2014 по 2021 гг., был собран значительный первичный материал. Вполне логичным и оправданным выглядит изложение накопленных сведений

в данной работе. Что касается массовых промысловых представителей ихтиофауны, которые попадают в список 20 доминирующих видов, данные об их размерном составе можно найти в прогнозных материалах, обосновывающих объемы допустимого вылова, и в рейсовых отчетах. Однако по понятным причинам эти сведения недоступны широкому кругу читателей. Информация о размерных характеристиках непромысловых или потенциально промысловых видов рыб лишь изредка встречается в отдельных публикациях и зачастую довольно разрознена. Имеющиеся в нашем распоряжении данные позволяют восполнить существующие пробелы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При выполнении массового промера (МП) у рыб измеряли длину по Смитту (от кончика рыла до конца средних лучей хвостового плавника). В последующем полученный размерный состав рыб пересчитывали взвешенно к улову на 1 час траления в количественном выражении. К сожалению, МП удается выполнять не каждый год, количество промеров по видам указано в таблице. Возрастной состав минтая, трески, желтоперой камбалы определяли по размерно-возрастным ключам, составленным по многолетним определениям возраста по отолитам для второй половины года.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В первой части данной работы уже говорилось, что к абсолютным значениям биомассы пелагических видов рыб, и минтая *Gadus chalcogrammus* в частности, следует относиться критически. Гораздо больший интерес представляет размерный состав рыб в уловах, поскольку он позволяет сделать предположение об урожайности ближнего и дальнего пополнения. По аналогии с вышеуказанным исследованием в данной работе представлены размерные характеристики 20 первых по биомассе видов рыб.

Размеры минтая в учетных тралениях в разные годы изменялись от 8 до 89 см, средняя длина варьировала от 20,8 до 37,4 см (см. рис. 1, таблицу). В 2014–2021 гг. своей относительной численностью выделялось поколение 2018 г., которое доминировало в уловах, начиная с 2019 г. Как известно из литературных источников, с начала XXI в. к урожайным поколениям североохотоморского минтая относятся генерации 2004–2005, 2011 гг., средним – 2002, 2006, 2013–2014 гг., низкоурожайным – 2001, 2003, 2007–2010, 2012, 2015–2017 гг. [Овсянников, 2009, 2011; Варкентин и др., 2021]. К поколениям средней численности, очевидно, относится и генерация 2018 г.

Предельные размеры сахалинской камбалы *Limanda sakhalinensis* изменялись от 5 до 37 см, а средняя длина варьировала от 23,6 до 25,7 см (см. рис. 2, таблицу). За исключением 2014 и 2021 гг., в уловах практически не встречалась молодь этого вида.

Желтоперая камбала *Limanda aspera* занимала третье место. В рассматриваемый период длина рыб в разные годы варьировала от 7 до 49 см, возраст – от 1 до 22 лет, средняя длина – от 22,8 до 26,8 см (см. рис. 3, таблицу). В межгодовом аспекте размерно-возрастной состав изменялся незначительно, основу уловов составляли рыбы в основном одних и тех же размерных и возрастных групп – 23–30 см и 6–9 лет соответственно. Относительно высокая доля мелкоразмерных рыб (до 15 см) в возрасте 2–3 года была отмечена только в 2016 г. Их суммарный вклад составлял около 14%.

Сведения о размерных характеристиках массовых видов рыб по данным донных траловых съемок на стандартном полигоне у западного побережья Камчатки

Information on size characteristics of common fish species according to the data of bottom trawl surveys on a standard range near the western Kamchatka

Виды	2014 год	2015 год	2016 год	2017 год	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год
G. chalcogrammus	8–81/34,4/6491	8–88/37,4/4146	9–79/35,1/4718	8–85/35,4/9050	8–89/35,4/4029	9–76/20,8/3614	8–83/26,8/8252	10–73/29,7/2109
L. sakhalinensis	9–33/23,6/628	13–33/24,7/1418	12–34/24,8/902	9–37/24,5/4719	10–35/24,7/1169	14–36/25,1/1697	10–35/25,3/2239	5–33/25,7/761
L. aspera	8–46/24,6/4475	12–46/26,4/2153	9–42/22,8/1474	7–46/25,4/9680	11–48/24,1/2374	10–46/24,9/2919	1045/24,9/3143	11–49/26,8/946
E. gracilis	11–48/31,8/1536	13–45/28,7/2309	13–47/23,3/2522	12–50/26,9/6783	15–47/29,6/2752	15–48/31,3/2177	14–50/30,1/2615	13–48/35,1/592
M. polyacanthocephalus	24–66/45,3/29	28–72/48,1/94	7–71/46,9/94	10–79/36,6/2312	14–72/42,6/415	13–71/47,1/433	8–77/41,8/696	17–76/47,5/799
Hippoglossoides sp.	14–43/26,3/698	—	12–40/27,2/963	8–52/27,9/3955	12–42/27,4/722	9–45/28,2/1560	8–46/29,6/940	11–41/28,0/499
P. quadrituberculatus	19–58/33,7/324	26–59/39,0/248	23–58/35,9/248	13–58/36,3/1866	13–59/38,5/622	19–60/38,9/644	18–57/39,6/949	21–61/37,8/195
C. pallasii	14–35/28,8/404	23–35/27,4/354	12–35/28,8/984	17–39/23,4/1599	21–36/25,2/612	13–40/28,1/1282	24–36/29,5/430	23–36/30,1/52
L. proboscidea	–	25–36/27,8/43	–	15–42/29,4/1171	20–39/28,6/448	15–39/30,1/367	17–39/29,3/478	17–40/30,3/221
G. macrocephalus	14–104/49,3/1773	16–102/48,8/1040	12–97/27,5/1342	14–101/32,4/3013	13–98/44,0/1385	15–103/38,6/2063	12–109/46,1/2170	11–93/32,0/799
G. detrisus	15–36/24,9/29	14–31/22,8/30	22–38/31,4/8	12–41/31,0/823	21–40/30,0/323	13–37/24,8/65	12–38/29,7/168	11–39/27,4/279
L. polyxystra	11–49/27,1/1272	15–53/28,7/322	9–48/30,3/600	13–53/30,3/1342	11–43/26,2/432	11–55/27,1/450	11–48/27,7/420	13–47/25,5/224
M. jaok	34–62/40,7/24	23–63/42,5/62	17–67/41,9/73	9–65/39,9/1557	12–62/35,6/585	7–65/40,1/330	8–64/38,5/472	18–70/43,6/331
P. sturioides	23–32/25,8/53	25–31/27,3/8	26–31/27,7/12	10–36/24,4/889	26–29/26,6/5	25–29/26,3/12	25–34/28,3/45	18–32/27,9/51
H. villosus	21–61/40,0/39	31–55/46,7/15	9–56/42,1/59	11–57/39,2/328	23–53/41,7/81	21–62/40,8/141	19–58/44,0/88	18–57/43,7/139
M. catervarius	8–17/14,2/32	13–17/14,4/45	12–18/13,8/340	7–18/14,1/451	13–17/14,5/97	12–17/14,2/67	12–17/14,1/215	—
P. stellatus	22–47/35,4/85	21–56/36,6/344	24–58/36,1/370	21–64/41,0/1039	27–59/38,5/236	22–60/40,0/244	20–58/39,4/508	24–61/39,8/71
H. jordani	19–46/31,3/38	22–44/32,4/22	15–51/36,0/46	17–52/36,0/269	11–55/41,4/291	20–56/36,9/310	15–56/36,2/558	13–51/35,5/150
G. pistilliger	10–23/16,8/11	14–23/19,4/7	11–25/17,8/197	5–26/18,7/3721	8–26/16,5/1235	9–24/15,4/354	5–25/17,9/88	11–24/20,6/14
L. sagitta	22–36/29,4/22	29–38/30,2/3	18–33/23,3/13	14–45/28,0/153	23–37/31,4/20	18–37/29,6/27	19–27/23,2/7	26–43/33,9/19

Примечание. мин. – макс./средняя длина/количество промеров

Note. min. – max./average length/number of measurements

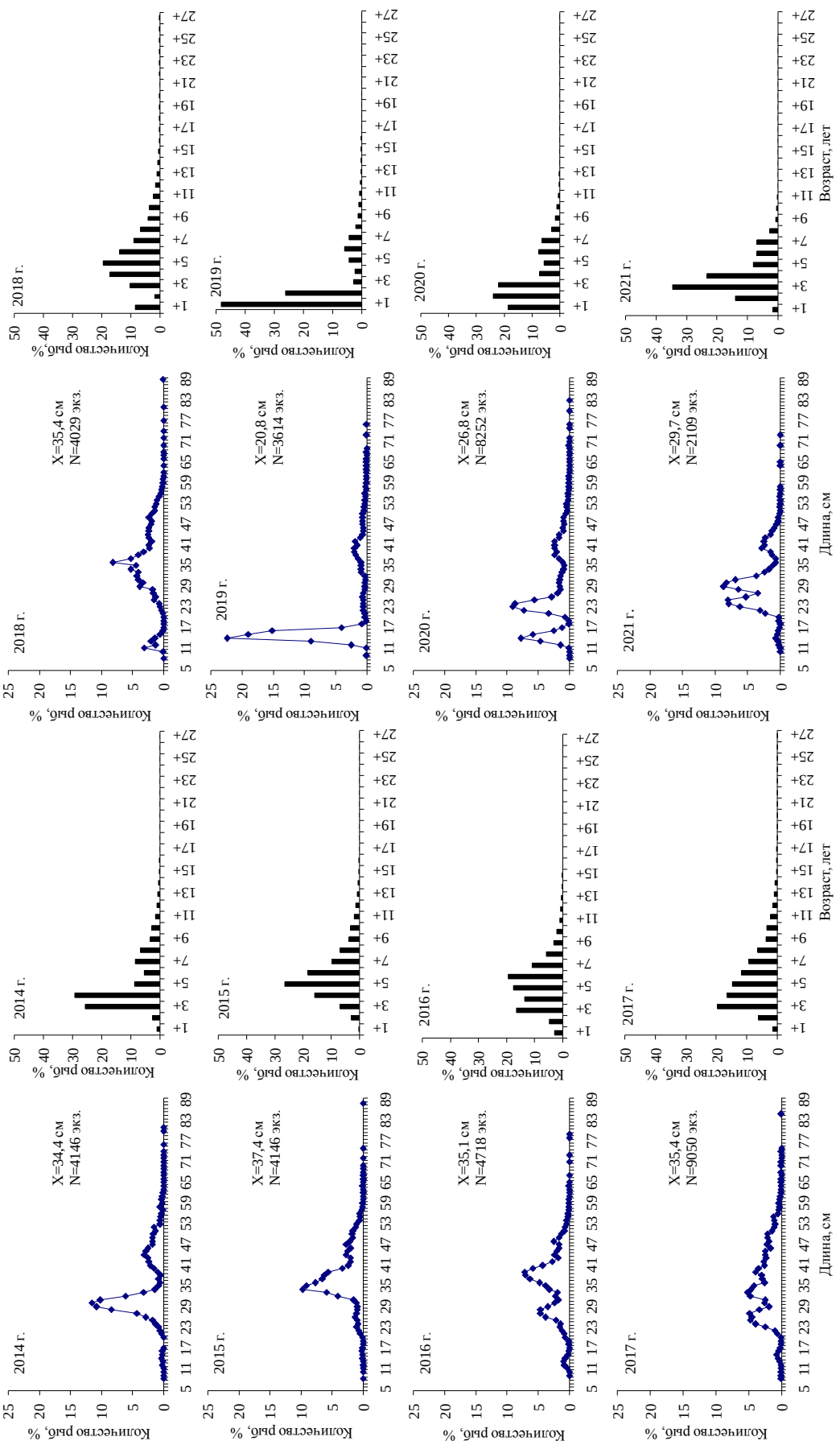

Рис. 1. Размерно-возрастной состав минтая *Gadus chalcogrammus* по результатам донных траловых съемок у западного побережья Камчатки в 2014–2021 гг. (здесь и далее на рисунках указана средняя длина и количество промеров)

Fig. 1. Size and age composition of walleye pollock *Gadus chalcogrammus* based on the results of bottom trawl surveys off the western coast of Kamchatka during 2014–2021 (here and further in the figures the average length and number of measurements are shown)

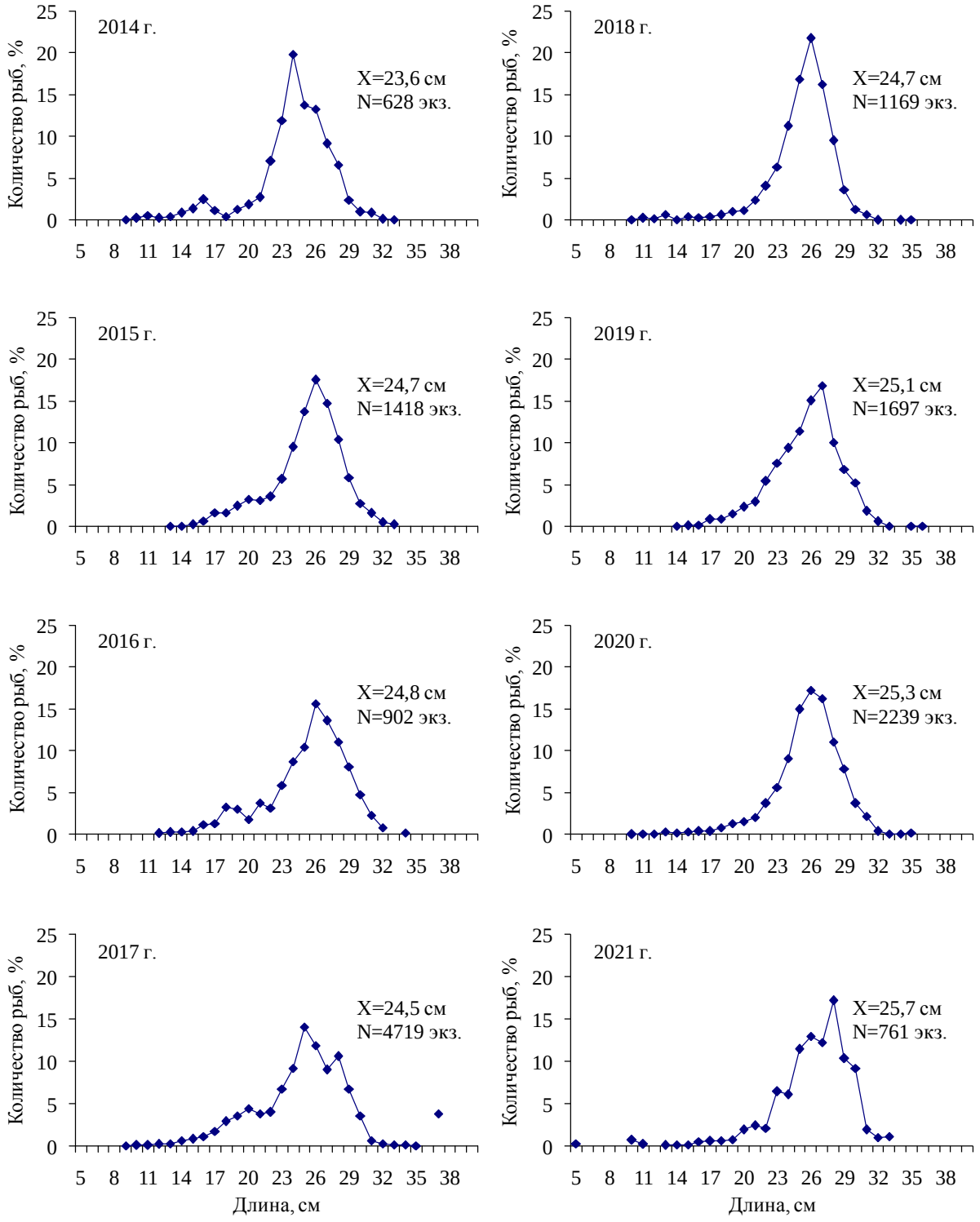

Рис. 2. Размерный состав сахалинской камбалы *Limanda sakhalinensis* по результатам донных траловых съемок у западного побережья Камчатки в 2014–2021 гг.

Fig. 2. Size composition of the sakhalin sole *Limanda sakhalinensis* based on the results of bottom trawl surveys off the western coast of Kamchatka during 2014–2021

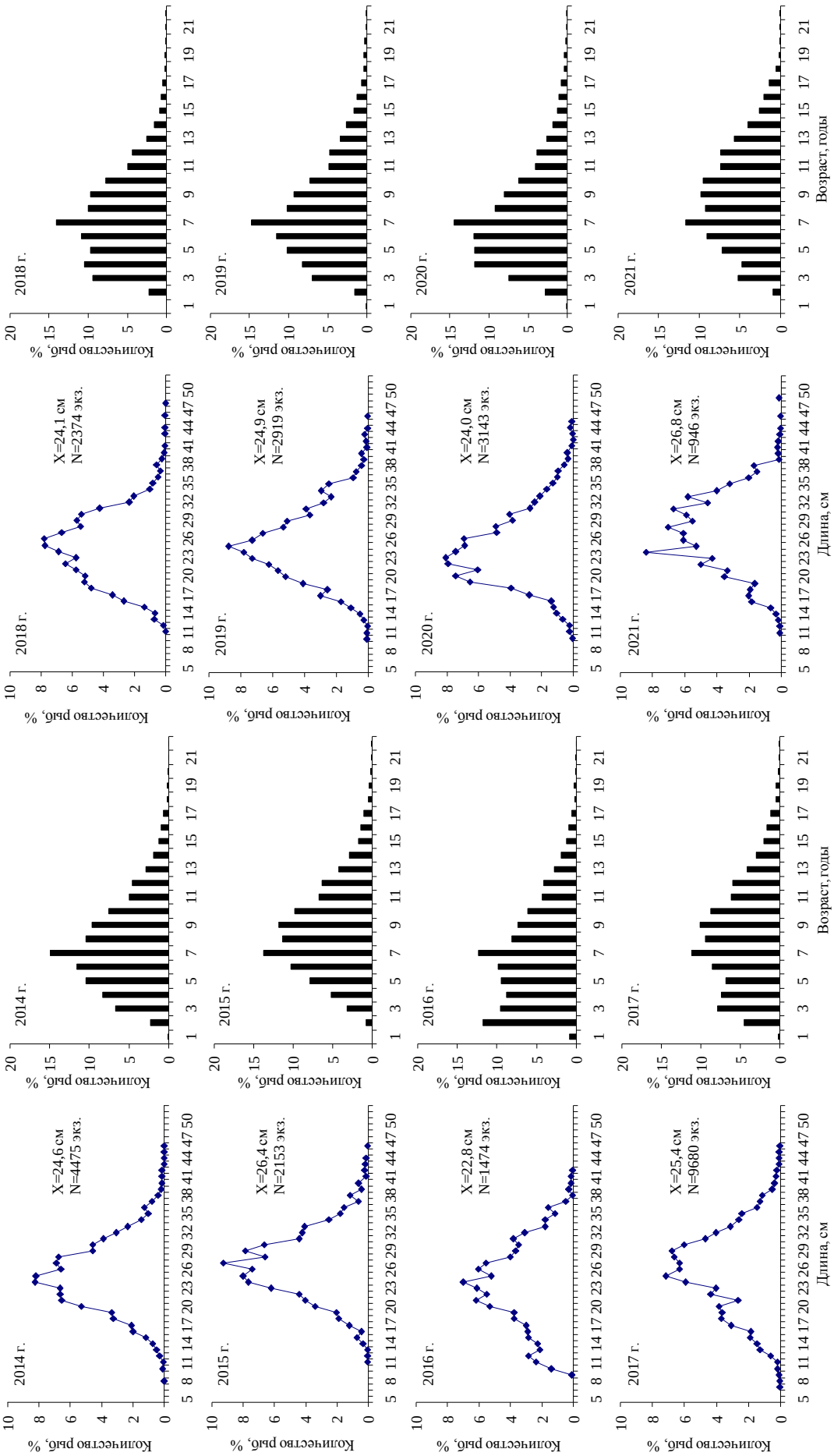

Рис. 3. Размерно-возрастной состав желтоперой камбалы по результатам донных траловых съемок у западного побережья Камчатки в 2014–2021 гг.

Fig. 3. Size and age composition of the yellowfin sole *Limanda aspera* based on the results of bottom trawl surveys off the western coast of Kamchatka during 2014–2021

Четвертое место занимала тихоокеанская навага *Eleginus gracilis*. Длина особей в рассматриваемый период изменялась в пределах 9–50 см, а средние размеры варьировали 23,3–35,1 см (рис. 4, таблица). В траловых уловах обычно преобладает навага от 25 до 37 см (более 50–60%). Исключение составляли 2016 и 2021 гг. В первом случае более половины рыб имели длину от 14–21 см, а во втором заметно доминировали крупные особи 33–41 см. Можно предположить, что генерации 2019–2020 гг. обладают низкой численностью.

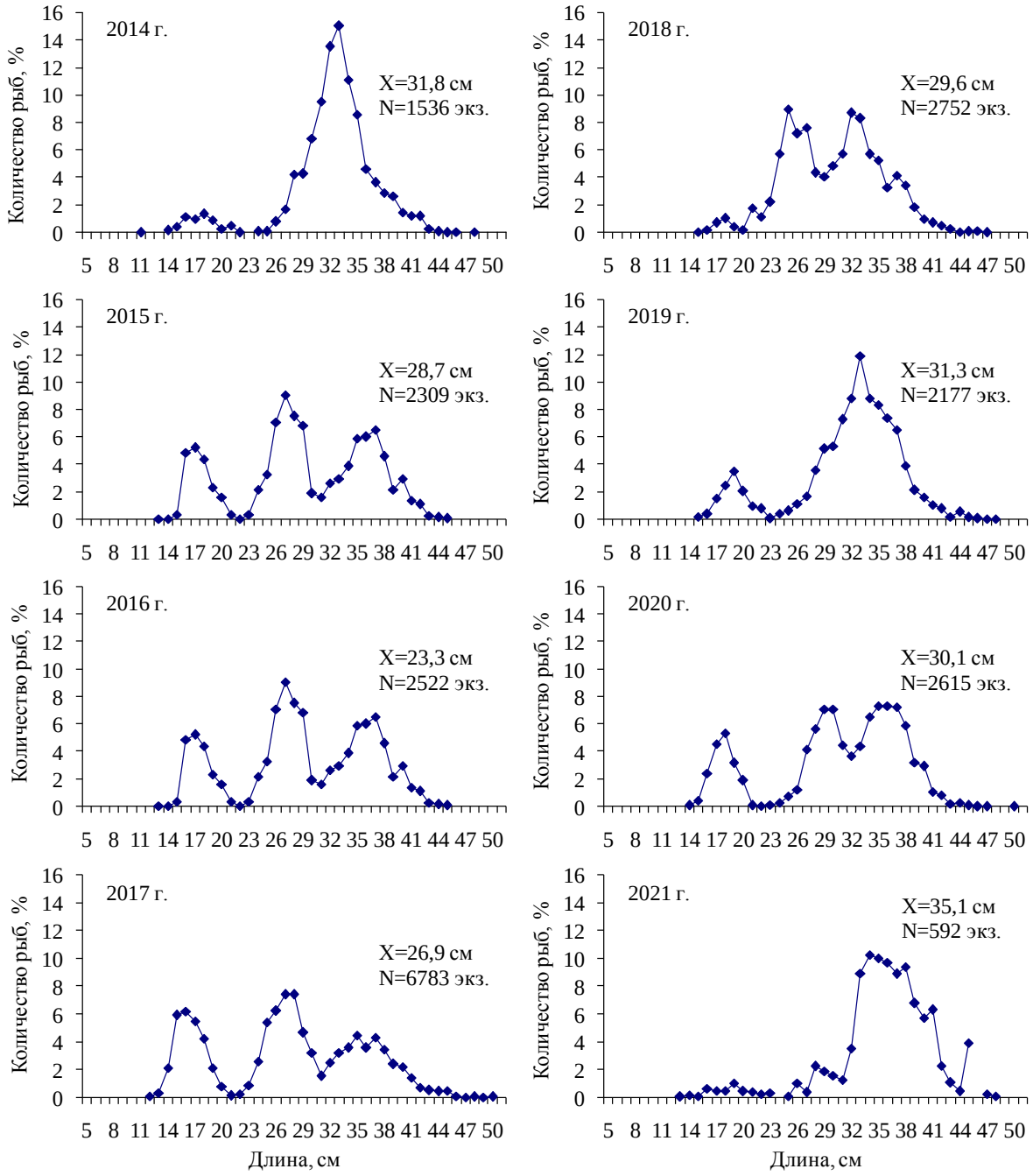

Рис. 4. Размерный состав наваги *Eleginus gracilis* по результатам донных траловых съемок у западного побережья Камчатки в 2014–2021 гг.

Fig. 4. Size composition of the saffron cod *Eleginus gracilis* based on the results of bottom trawl surveys off the western coast of Kamchatka during 2014–2021

В первую пятерку доминирующих видов попал и многоиглый керчак *Myoxocephalus polyacanthocephalus*. Его размеры в учетных тралениях в разные годы изменялись от 7 до 79 см, средняя длина варьировала 36,6–48,1 см (рис. 5, таблица). Основу уловов в 2018–2020 гг. составляли среднеразмерные особи 34–56 см, их вклад превышал 65–70%. Обращает на себя внимание высокая доля в 2017 г. рыб размерных групп 14–19 см (около 17%). Наиболее значительный вклад крупноразмерных керчаков (более 57 см) отмечен в 2021 г., он составлял более 21%.

Палтусовидные камбалы *Hippoglossoides* pp. – типичные обитатели западнокамчатских вод. Предельные размеры особей изменялись от 8 до 52 см, а средняя длина варьировала от 26,3 до 29,0 см (рис. 6, таблица). За исключением 2016 и 2018 гг., в уловах практически ежегодно встречалась молодь этих камбал (7–11 см).

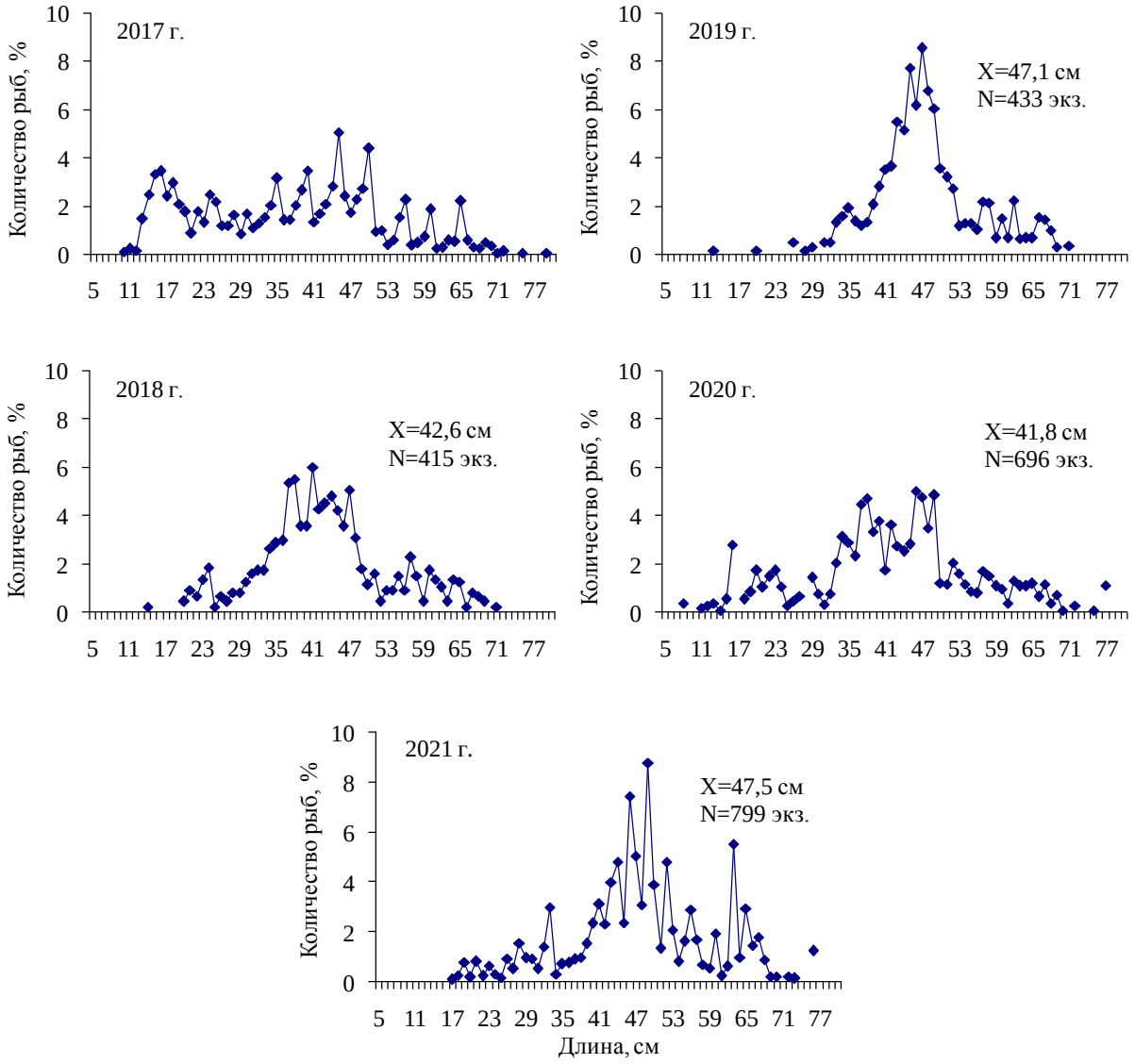

Рис. 5. Размерный состав многоиглого керчака *Myoxocephalus polyacanthocephalus* по результатам донных траловых съемок у западного побережья Камчатки в 2017–2021 гг.

Fig. 5. Size composition of the great sculpin *Myoxocephalus polyacanthocephalus* based on the results of bottom trawl surveys off the western coast of Kamchatka during 2017–2021

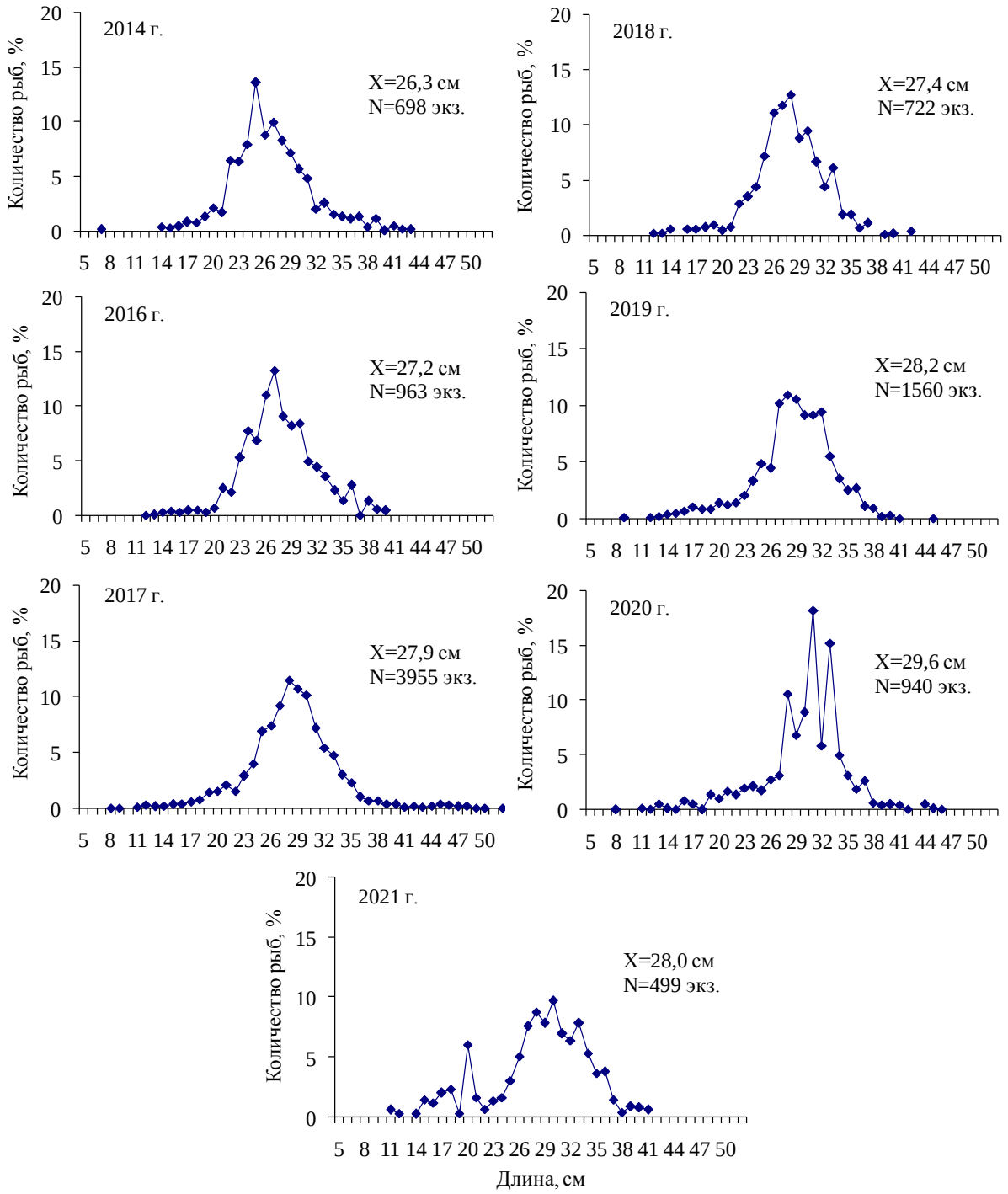

Рис. 6. Размерный состав палтусовидных камбал *Hippoglossoides* spp. по результатам донных траловых съемок у западного побережья Камчатки в 2014, 2016–2021 гг.

Fig. 6. Size composition of the flathead *Hippoglossoides* spp. based on the results of bottom trawl surveys off the western coast of Kamchatka in 2014, 2016–2021

Длина желтобрюхой камбалы *Pleuronectes quadrituberculatus* в рассматриваемый период изменялась в пределах 13–61 см, а среднее значение варьировало от 33,7 до 39,6 см (рис. 7, таблица). Отметим, что согласно литературным сведениям предельный размер данного вида в Охотском море достигает 60 см [Фадеев, 1987; Токранов, Заварина, 1992]. Зафиксированная нами максимальная длина превышает

ранее описанную для данного района. А учитывая, что в уловах донным тралом нередко встречаются крупные особи, размерные характеристики которых близки к максимальным, можно предположить, что существует вероятность поимок рыб и более 61 см. В целом основу уловов формировали особи длиной 31–45 см, их вклад зачастую превышал 65%.

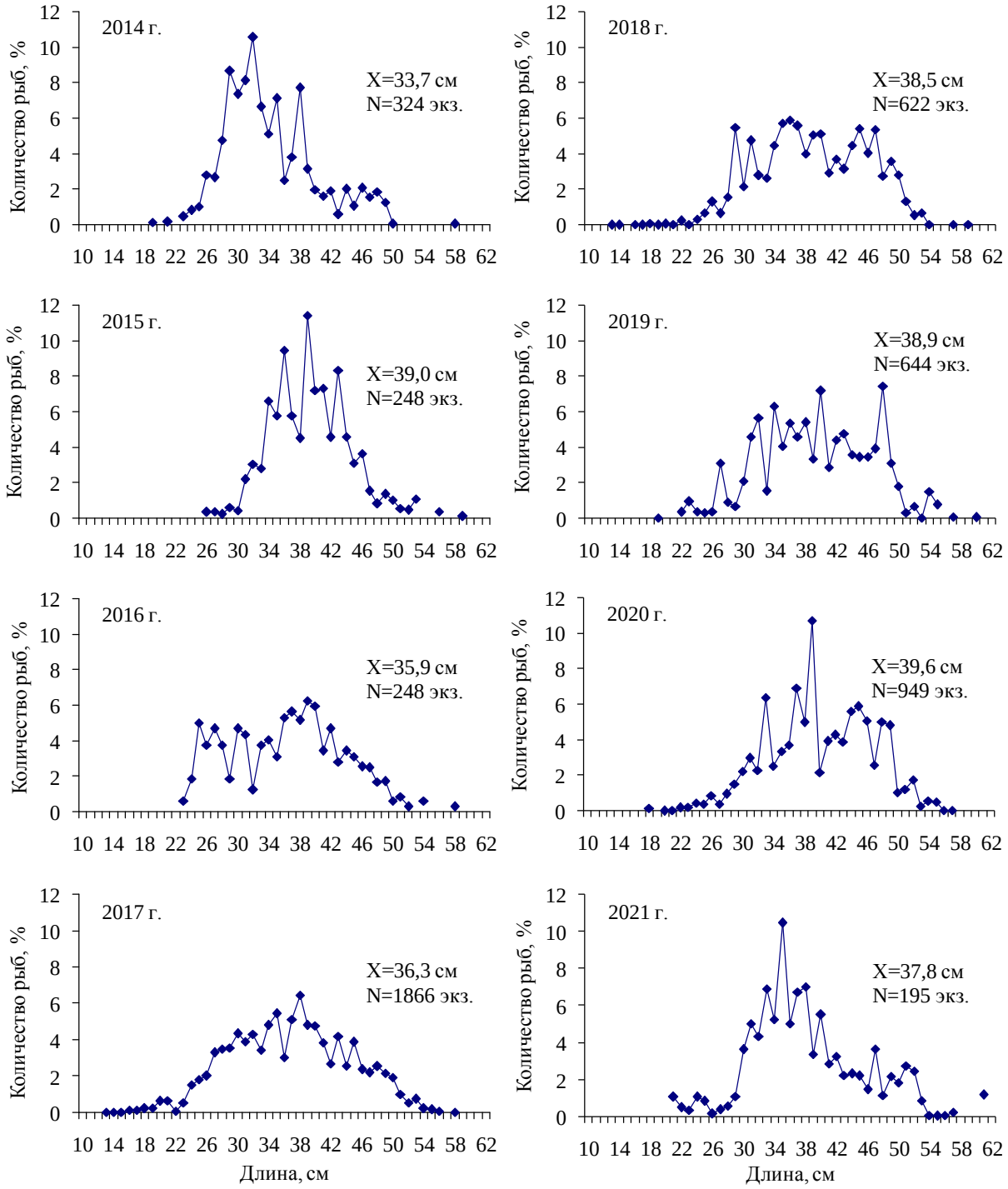

Рис. 7. Размерный состав желтобрюхой камбалы *Pleuronectes quadrituberculatus* по результатам донных траловых съемок у западного побережья Камчатки в 2014–2021 гг.

Fig. 7. Size composition of the alaska plaice *Pleuronectes quadrituberculatus* based on the results of bottom trawl surveys off the western coast of Kamchatka during 2014–2021

Размеры тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* в учетных тралениях в разные годы изменялись от 12 до 40 см, средняя длина варьировала от 23,4 до 30,1 см (рис. 8, таблица). Основу уловов обычно составляли особи 25–31 см, их доля превышала 70–90%. Исключение составлял 2017 г., когда заметно доминировали рыбы размерных групп 20–24 см (более 80%).

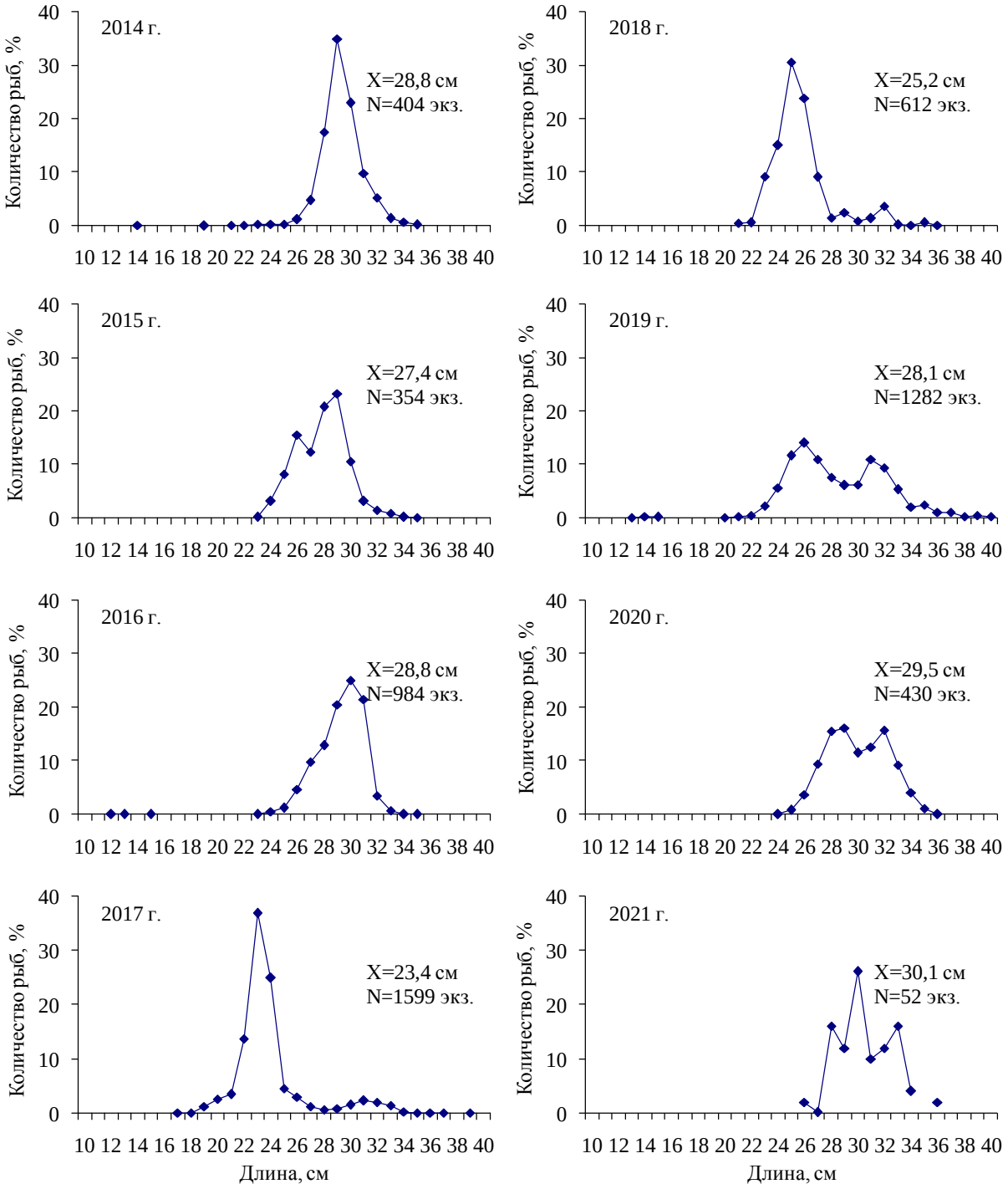

Рис. 8. Размерный состав тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* по результатам донных траловых съемок у западного побережья Камчатки в 2014–2021 гг.

Fig. 8. Size composition of the pacific herring *Clupea pallasii* based on the results of bottom trawl surveys off the western coast of Kamchatka during 2014–2021

Еще одним доминирующим представителем семейства Pleuronectidae была хоботная камбала *Limanda proboscidea*. Длина вида в рассматриваемый период изменялась в пределах 15–42 см, а средняя – 27,8–30,3 см (рис. 9, таблица). Основу уловов формировали особи 25–35 см, их доля составляла более 80%. Отметим, что согласно сведениям В.Н. Тупоногова и Л.С. Кодолова [2014] максимальная длина вида равна 40 см. По сведениям А.О. Золотова [2010], предельные размеры этих рыб могут достигать 42 см (в Карагинском и Олюторском заливах). Таким образом, полученные нами данные позволили расширить имеющиеся представления о предельной длине хоботной камбалы в водах у западного побережья Камчатки.

Тихоокеанская треска *Gadus macrocephalus* широко распространена в прикамчатских водах. У Западной Камчатки размеры вида в учетных тралениях в разные годы изменялись от 11 до 109 см, средняя длина – от 27,5 до 49,3 см (рис. 10, таблица). В 2014 г. доминировали рыбы 39–55 см. В 2018 г. в уловах четко выделялась преобладающая группа 40–50 см (71,4%). По результатам учетных работ, выполненных в 2019–2020 гг., отмечены две доминирующие группы: 15–20 см (21,0%), 30–45 см (44,2%) и 35–40 см (32,3%), 45–50 см (30,0%) соответственно.

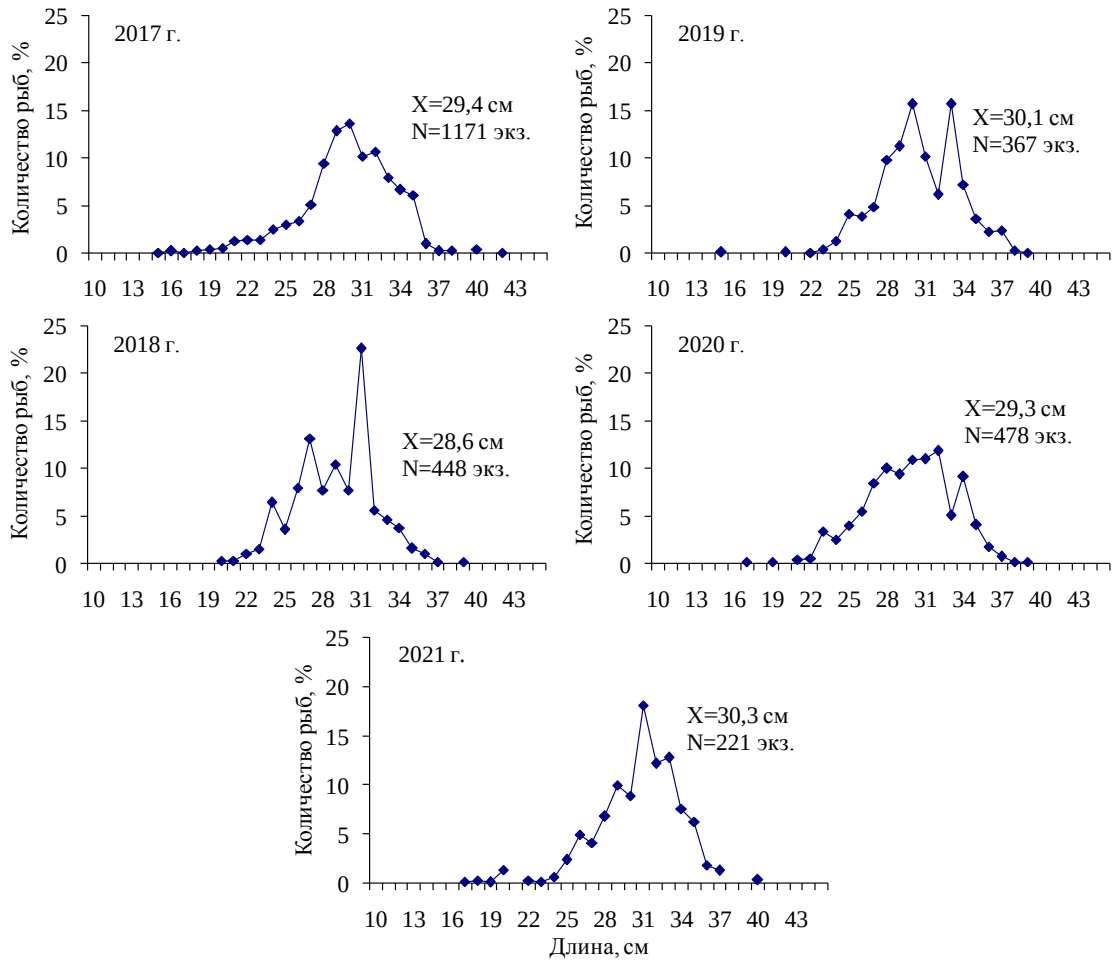

Рис. 9. Размерный состав хоботной камбалы *Limanda proboscidea* по результатам донных траловых съемок у западного побережья Камчатки в 2017–2021 гг.

Fig. 9. Size composition of the longhead dab *Limanda proboscidea* based on the results of bottom trawl surveys off the western coast of Kamchatka during 2017–2021

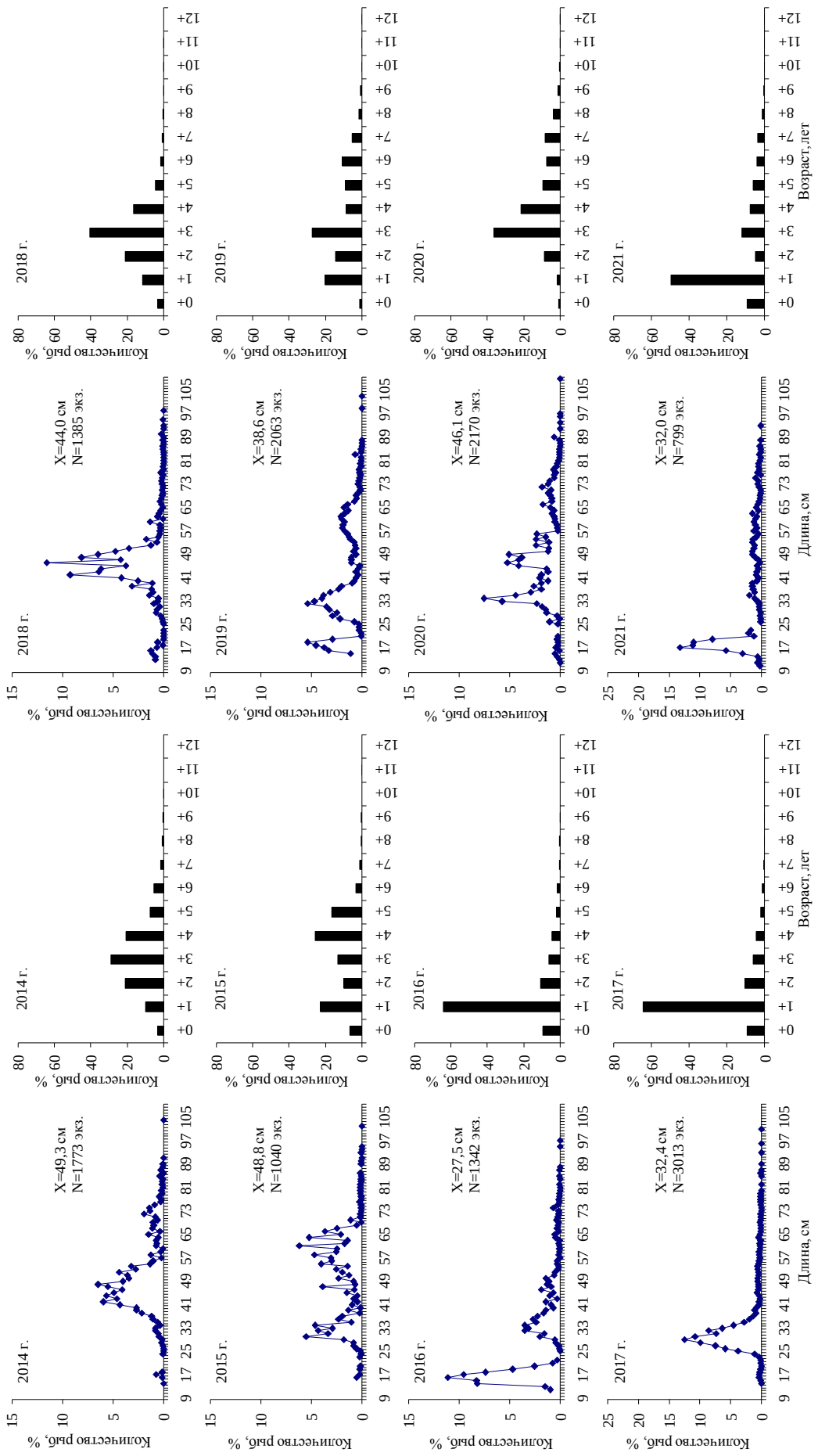

Рис. 10. Размерно-возрастной состав тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* по результатам донных траловых съемок у западного побережья Камчатки в 2014–2021 гг.

Fig. 10. Size and age composition of the pacific cod *Gadus macrocephalus* based on the results of bottom trawl surveys off the western coast of Kamchatka during 2014–2021

По результатам донной траловой съемки, выполненной в июне – июле 2021 г., преобладали рыбы размерных групп 10–20 см (58,3%). Схожая картина по результатам учетных работ наблюдалась в 2016 и 2017 гг., когда доля рыб в возрасте 1+ превышала 60%. Наличие в 2021 г. повышенной доли мелкоразмерных рыб, вероятно, указывает на высокую урожайность поколения 2020 г.

Предельные размеры охотского (широколобого) шлемоносца *Gymnocanthus detrisus* изменялись от 11 до 41 см, а средняя длина варьировала от 22,8 до 31,4 см (рис. 11, таблица). В ранее опубликованных работах имеются сведения о поимках особей, максимальные размеры которых достигали 42 см [Токранов, 1985; Тупоногов, Кодолов, 2014], что в целом не противоречит имеющимся у нас данным. Более 50–60% выловленных особей имели длину от 29 до 36 см. Стоит отметить, что в 2019 г. заметно выделялась размерная группа 13–15 см, суммарный вклад которой составлял около 30%.

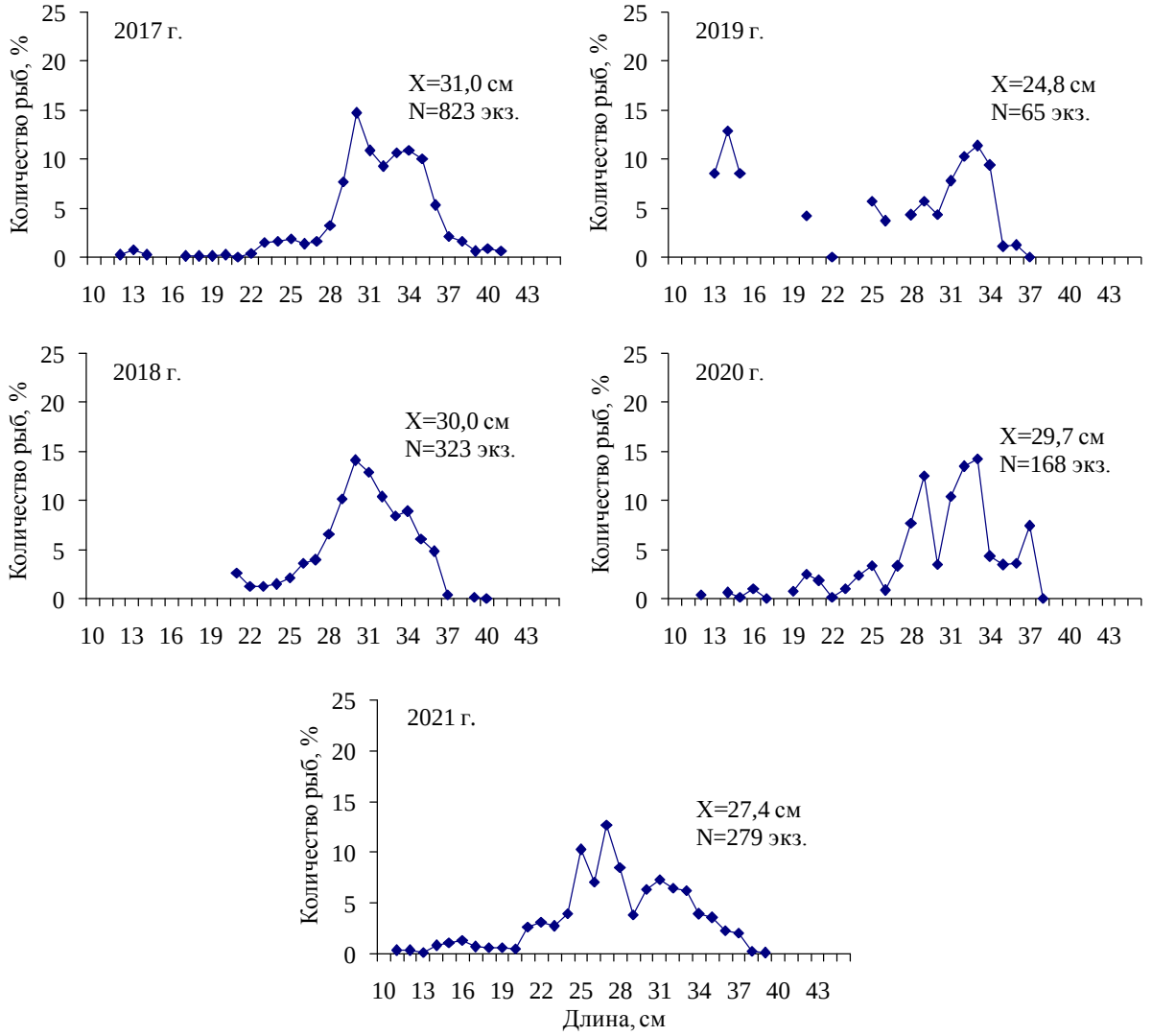

Рис. 11. Размерный состав *Gymnocanthus detrisus* по результатам донных траловых съемок у западного побережья Камчатки в 2017–2021 гг.

Fig. 11. Size composition of the purplegray sculpin *Gymnocanthus detrisus* based on the results of bottom trawl surveys off the western coast of Kamchatka during 2017–2021

Размеры северной двухлинейной камбалы *Lepidopsetta polyxystra* в водах у Западной Камчатки в рассматриваемый период изменялись в пределах 9–55 см, а средняя длина – 25,5–30,3 см (рис. 12, таблица). Основу уловов формировали особи 24–34 см, их доля составляла более 60%. Исключением являются 2019 и 2021 гг., когда значительный вклад в уловах (около 40%) составляли мелкоразмерные рыбы длиной 14–23 см.

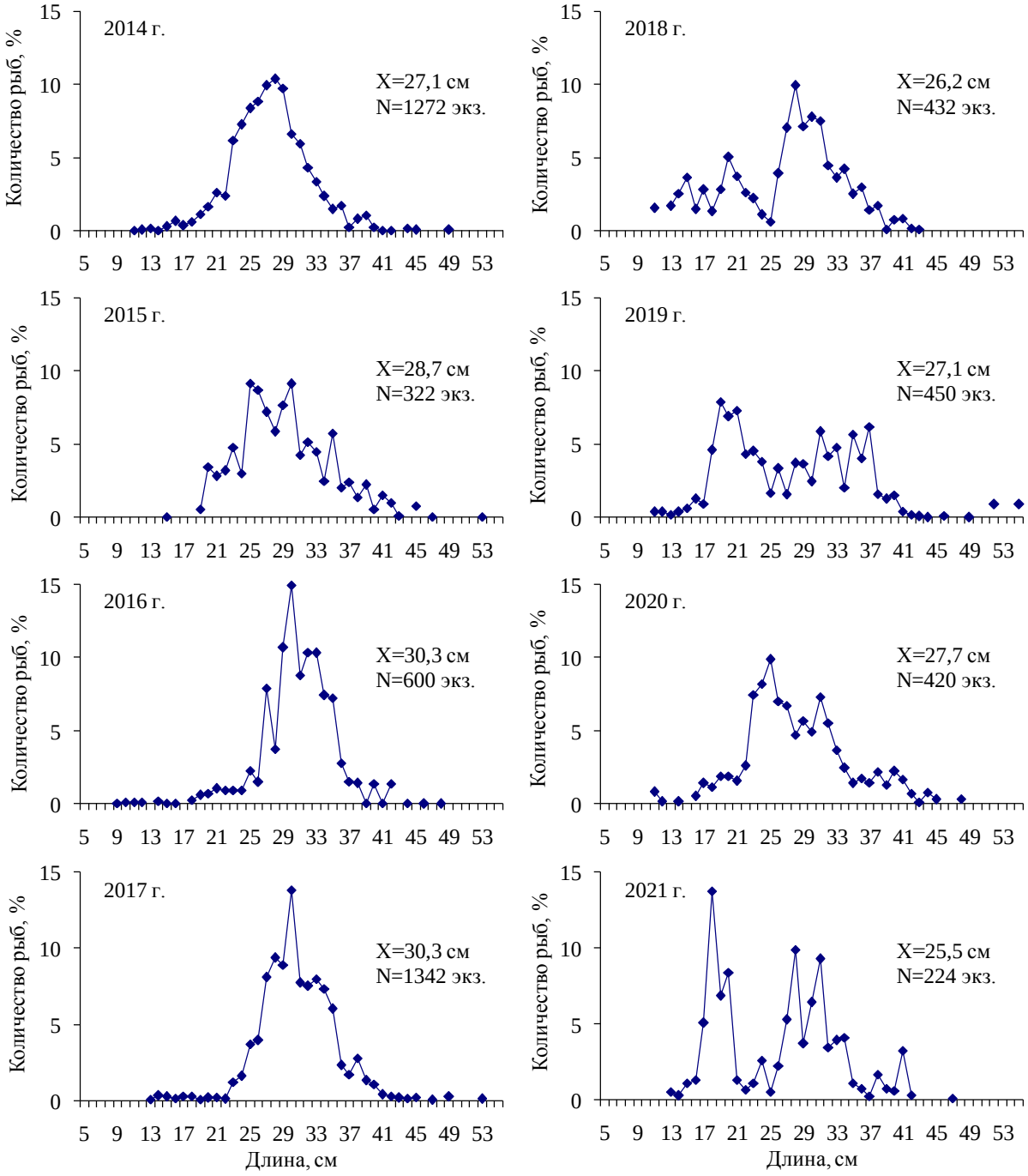

Рис. 12. Размерный состав северной двухлинейной камбалы *Lepidopsetta polyxystra* по результатам донных траловых съемок у западного побережья Камчатки в 2014–2021 гг.

Fig. 12. Size composition of the northern rock sole *Lepidopsetta polyxystra* based on the results of bottom trawl surveys off the western coast of Kamchatka during 2014–2021

Длина керчака-яока *Myoxocephalus jaok* изменялась в пределах 7–70 см, а средняя составляла – 35,6–43,6 см (рис. 13, таблица). В литературных источниках указаны аналогичные предельные размеры этого вида [Токранов, 1985; Тупоногов, Кодолов, 2014]. Основу уловов обычно формировали особи длиной 31–50 см, их доля составляла более 50–70%. Обращает на себя внимание относительно высокий вклад в 2019 г. рыб размерных групп 7–20 см (более 10%).

Дальневосточная лисичка *Podothecus sturioides*, предельные размеры которой изменялись от 10 до 36 см, а средняя длина варьировала от 24,4 до 28,3 см (рис. 14). Отметим, что согласно сведениям А.М. Токранова и А.М. Орлова [2014] максимальные размеры вида составляют 33,5 см. Однако в учетных уловах донным тралом у западного побережья Камчатки отмечены поимки особей до 36 см (см. табл.). Представленные нами данные позволили расширить имеющиеся сведения о предельной длине исследуемого вида.

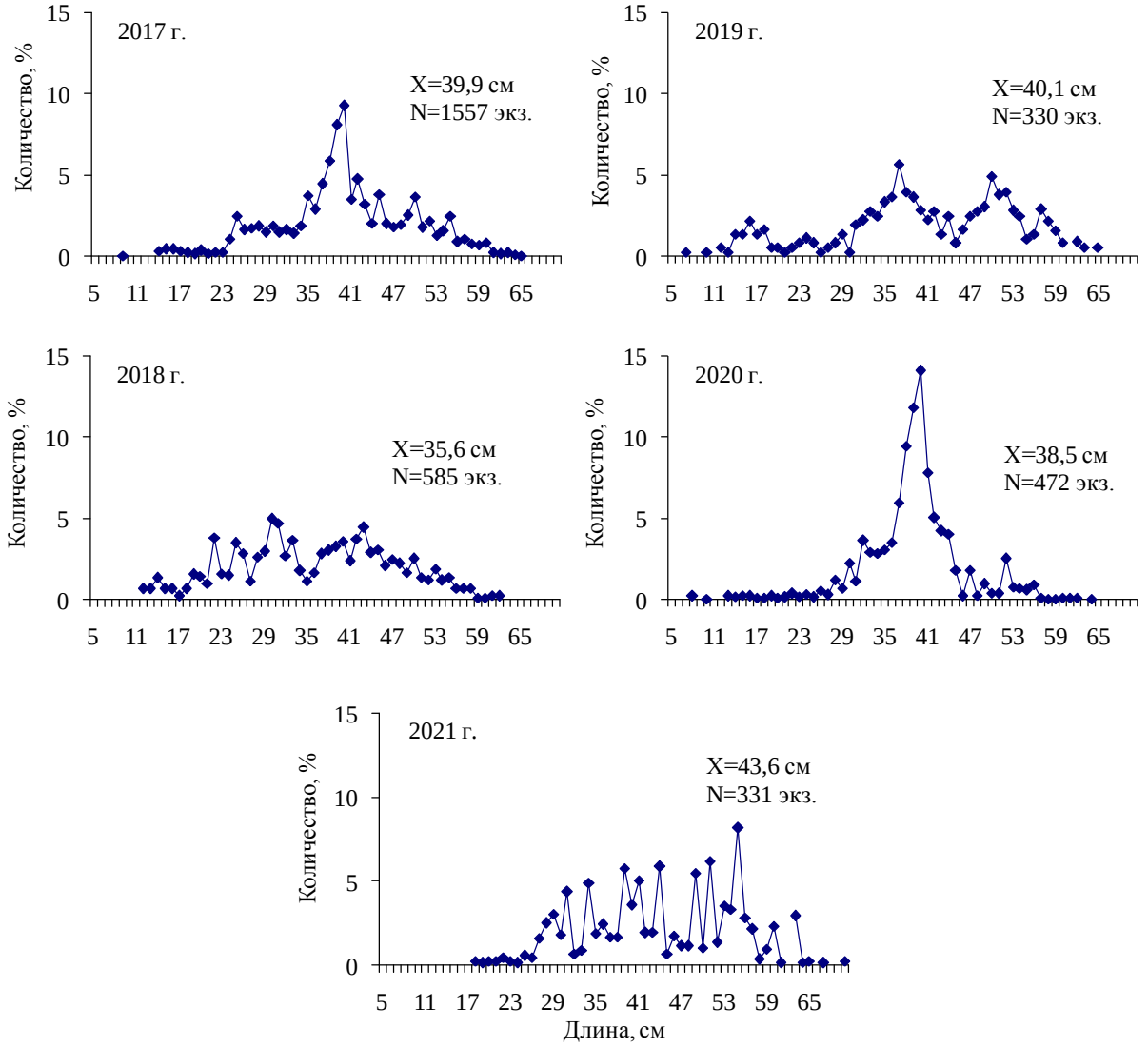

Рис. 13. Размерный состав керчака-яока *Myoxocephalus jaok* по результатам донных траловых съемок у западного побережья Камчатки в 2017–2021 гг.

Fig. 13. Size composition of the plain sculpin *Myoxocephalus jaok* based on the results of bottom trawl surveys off the western coast of Kamchatka during 2017–2021

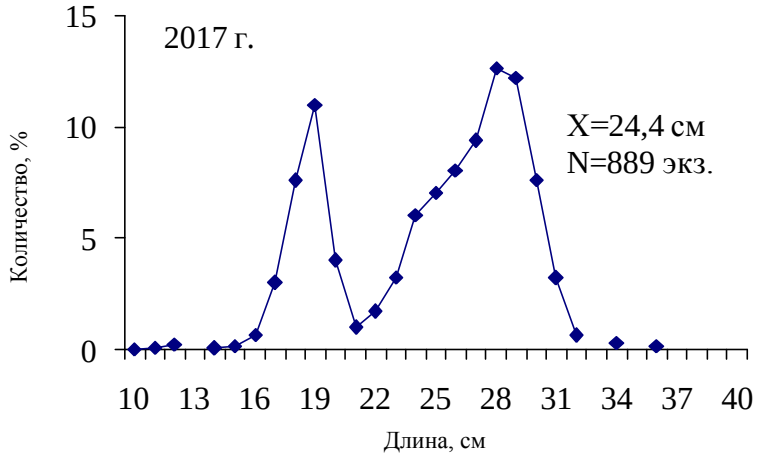

Рис. 14. Размерный состав дальневосточной лисички *Podothecus sturioides* по результатам донной траловой съемки у западного побережья Камчатки в 2017 г.

Fig. 14. Size composition of the hawk poacher *Podothecus sturioides* based on the results of bottom trawl surveys off the western coast of Kamchatka in 2017

Бычок-ворон *Hemitripterus villosus* – типичный обитатель западнокамчатских вод. Длина этих рыб изменялась в пределах 9–62 см, а средняя – 39,2–46,7 см (см. табл.). Основу уловов обычно формировали особи 24–49 см, их доля составляла более 50%.

Тихоокеанская (дальневосточная) мойва *Mallotus catervarius* – промысловый вид с высокими колебаниями численности [Наумова, 2021]. Длина рыб в рассматриваемый период изменялась в пределах 7–18 см. Средние размеры варьировали незначительно – 13,8–14,5 см (рис. 15, таблица). Основу уловов традиционно составляли рыбы 13–16 см, их доля превышала 80–90%. Стоит отметить, что в 2017 г. в уловах массово присутствовала молодь этого вида. Как отмечал ряд авторов, мойва может образовывать смешанные скопления взрослых и неполовозрелых рыб [Шилин, 1970; Великанов, 1986].

Предельные размеры звездчатой камбалы *Platichthys stellatus* изменялись от 20 до 64 см, а средняя длина варьировала от 35,4 до 41,0 см (см. рис. 16). Основу уловов обычно формировали рыбы 30–44 см, их доля составляла более 65–70%. В 2017 и 2021 гг. была отмечена высокая доля крупных рыб (более 49 см), вклад которых превышал 20%.

Длина белобрюхого получешуйника *Hemilepidotus jordani* в рассматриваемый период изменялась в пределах 11–56 см, а средняя – 31,3–41,4 см (см. рис. 17, таблицу). Более половины рыб в уловах имели размеры 30–49 см. Стоит отметить, что в 2017 и 2020 гг. в уловах значительный вклад вносили мелкоразмерные особи до 28 см, их доля составляла около 20%.

Нитчатый шлемоносец *Gymnocanthus pistilliger* – арктическо-бореальный вид, широко распространенный в Северо-Западной Пацифике [Линдберг, Красюкова, 1987; Yamazaki et al., 2013]. Его предельные размеры изменялись от 5 до 26 см, а средняя длина варьировала от 15,4 до 20,6 см (см. рис. 18). Основу уловов обычно формировали рыбы 13–23 см, их суммарный вклад составлял более 80%. В 2017 и 2018 гг. была отмечена высокая доля мелкоразмерных рыб длиной менее 10 см.

Стреловидный люмпен *Lumpenus sagitta* замыкает рейтинг 20 доминирующих

видов. Его предельные размеры изменялись от 14 до 45 см, а средняя варьировала от 23,2 до 33,9 см (см. табл). Отметим, что в разных литературных источниках максимальная длина вида значительно варьирует. Так, в работе В.Н. Тупоногова и Л.С. Кодолова [2014] этот параметр составляет 35 см. В работах других авторов предельные размеры этих рыб 51 см [Борец, 2000; Фадеев, 2005; Токранов, Орлов, 2016; Mecklenburg et al., 2002]. Таким образом, можно констатировать, что наличие столь сильных различий указывает на недостаточную изученность биологии вышеуказанного вида.

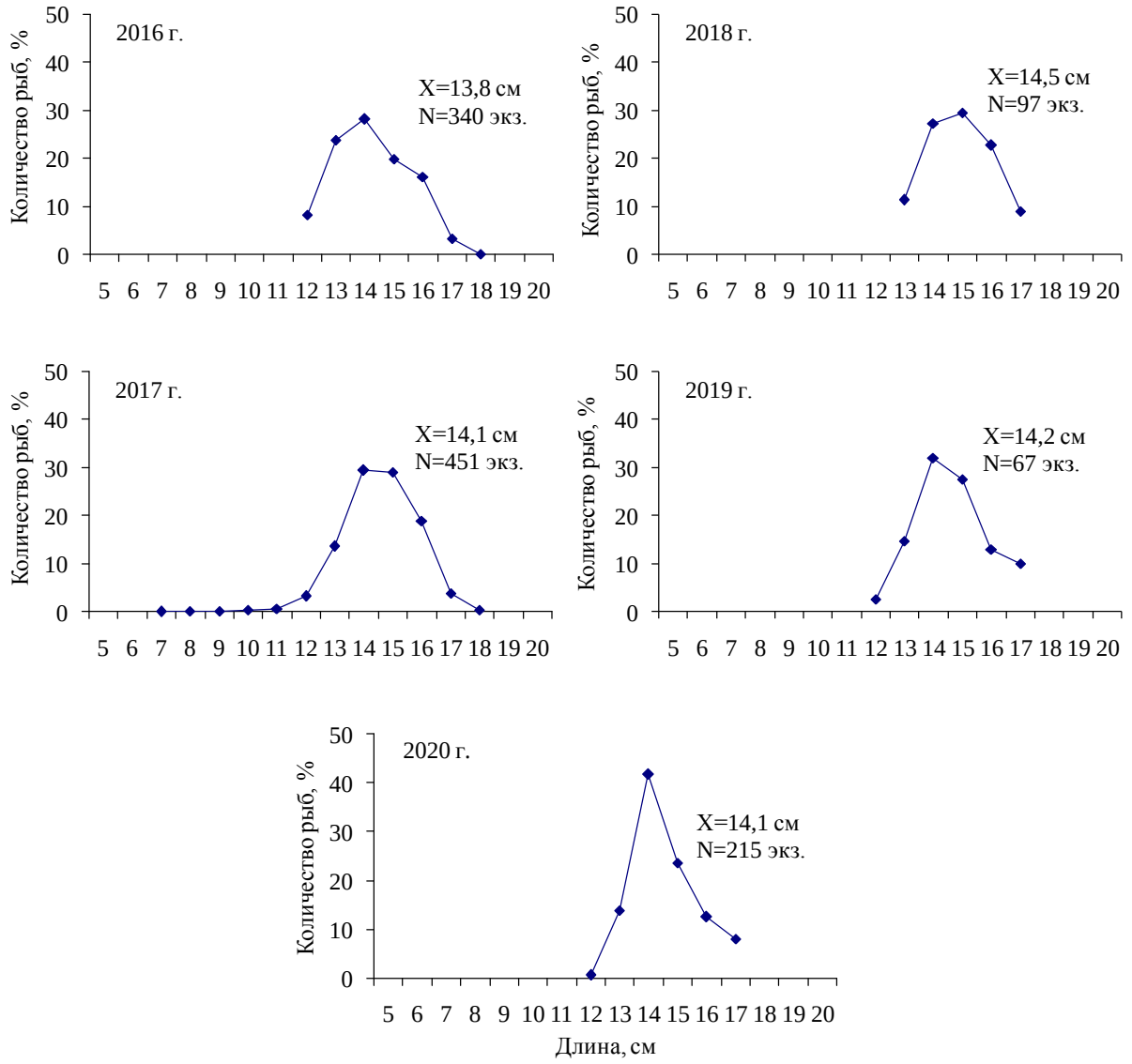

Рис. 15. Размерный состав мойвы *Mallotus catervarius* по результатам донных траловых съемок у западного побережья Камчатки в 2016–2020 гг.

Fig. 15. Size composition of the pacific capelin *Mallotus catervarius* based on the results of bottom trawl surveys off the western coast of Kamchatka during 2016–2020

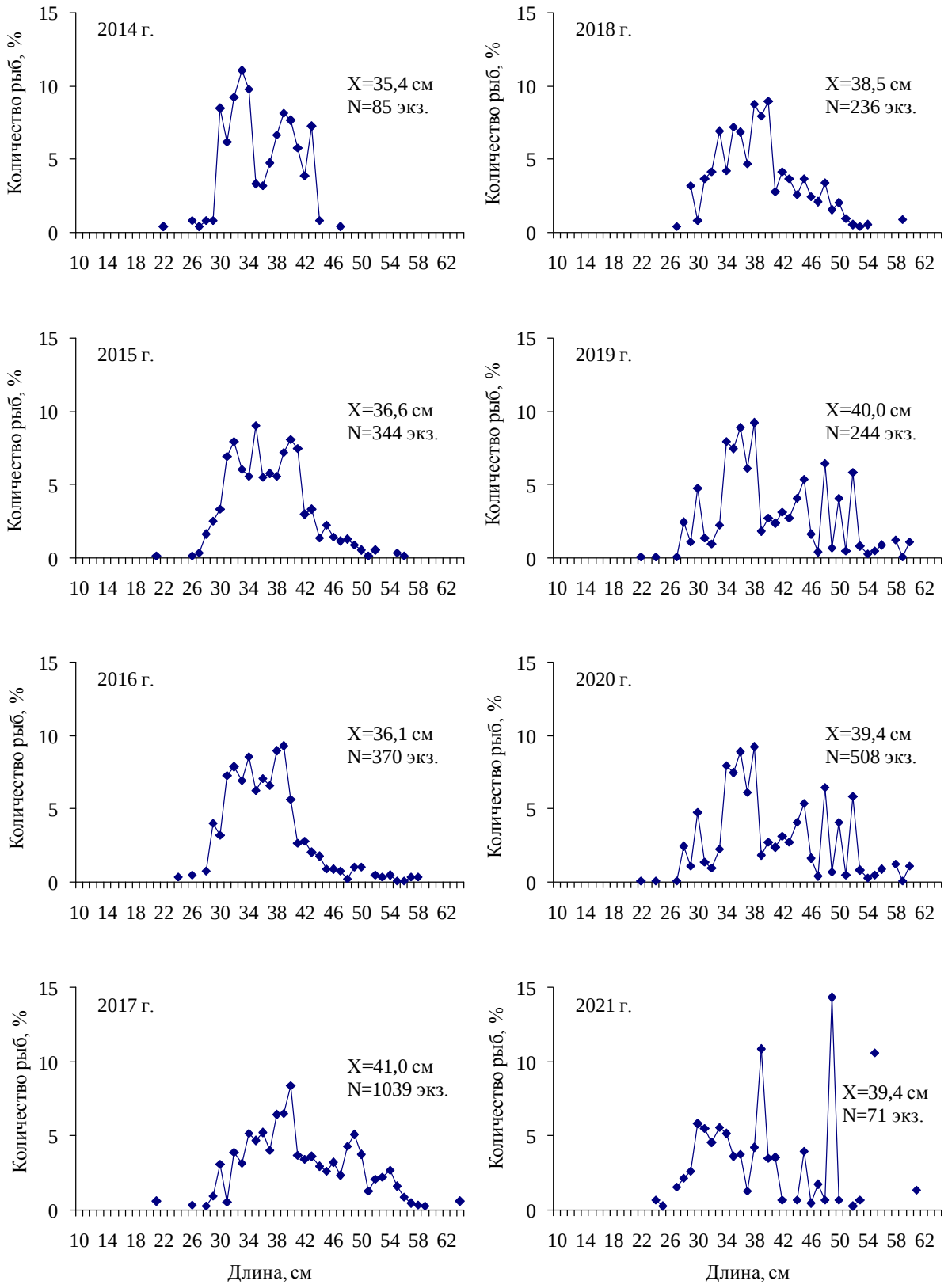

Рис. 16. Размерный состав звездчатой камбалы *Platichthys stellatus* по результатам донных траловых съемок у западного побережья Камчатки в 2014–2021 гг.

Fig. 16. Size composition of the starry flounder *Platichthys stellatus* based on the results of bottom trawl surveys off the western coast of Kamchatka during 2014–2021

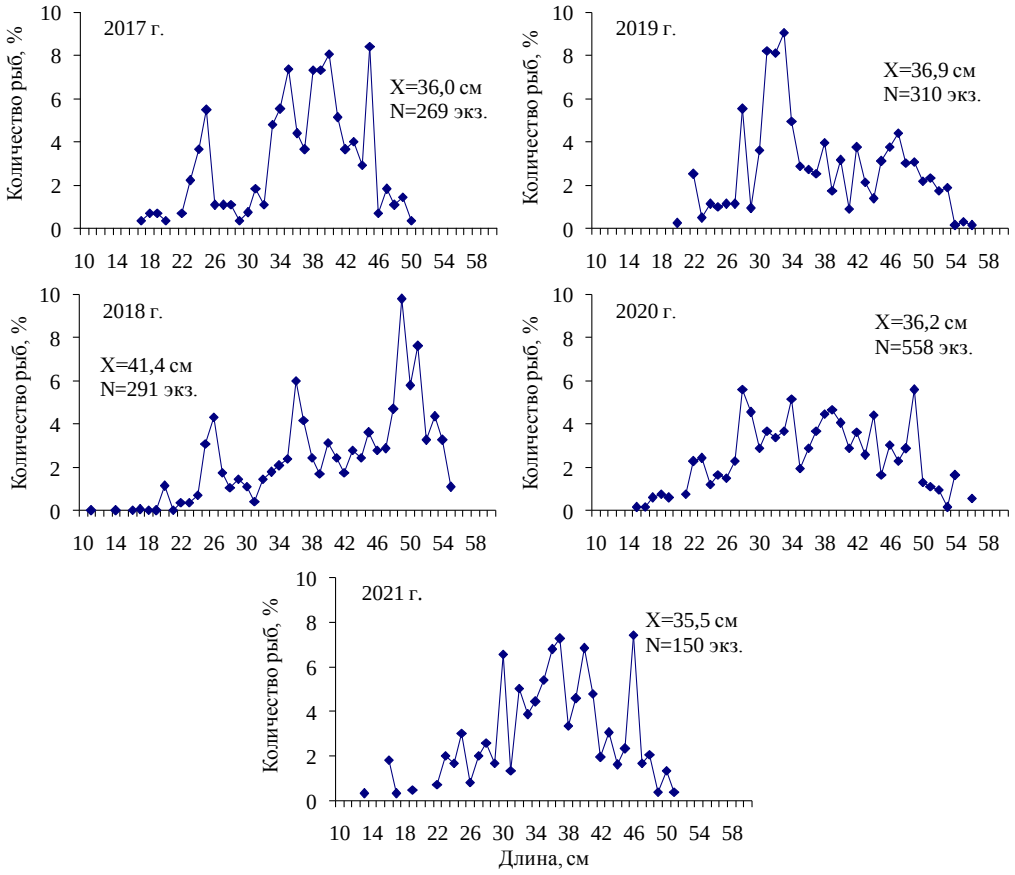

Рис. 17. Размерный состав белобрюхого получешуйника *Hemilepidotus jordani* по результатам донных траловых съемок у западного побережья Камчатки в 2017–2021 гг.

Fig. 17. Size composition of the yellow irish lord *Hemilepidotus jordani* based on the results of bottom trawl surveys off the western coast of Kamchatka during 2017–2021

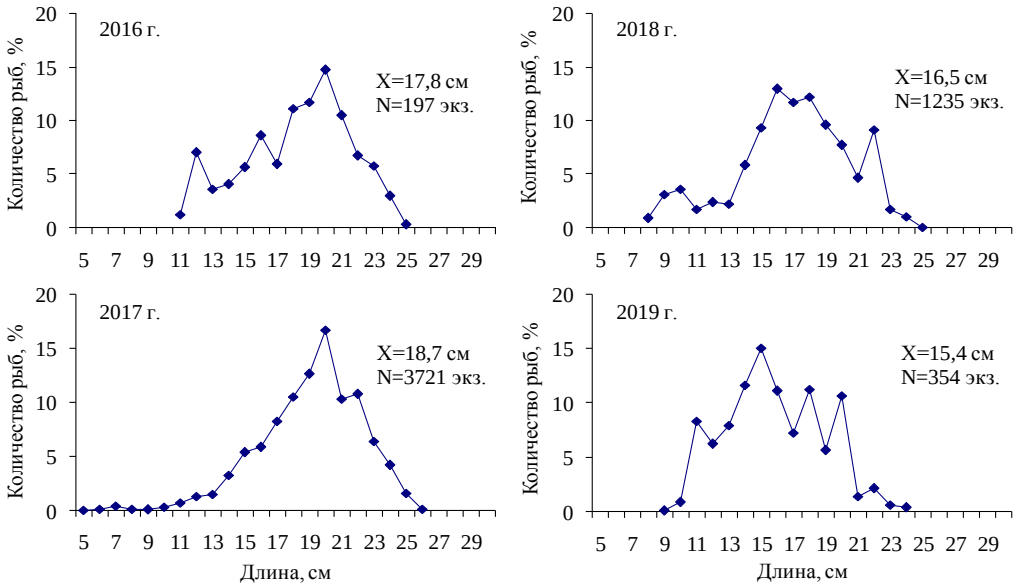

Рис. 18. Размерный состав нитчатого шлемоносца *Gymnocanthus pistilliger* по результатам донных траловых съемок у западного побережья Камчатки в 2016–2019 гг.

Fig. 18. Size composition of the thread sculpin *Gymnocanthus pistilliger* based on the results of bottom trawl surveys off the western coast of Kamchatka during 2016–2019

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенного исследования по материалам учетных работ на шельфе западного побережья Камчатки в составе уловов всего было зарегистрировано 137 видов (в том числе групп видов) рыб из 26 семейств. Основу биоразнообразия составляли четыре семейства: рогатковые представлены 25 видами, бельдюговые – 19, камбаловые и стихеевые по 12 видов. Несмотря на значительное биоразнообразие, около 98,3% биомассы приходится на 20 доминирующих видов рыб (осредненные данные). К сожалению, даже среди этой двадцатки прослеживаются явные недочеты в накоплении первичных биологических материалов. В первую очередь это относится к бычку-ворону, стреловидному люмпену и дальневосточной лисичке.

В целом продемонстрированные в работе данные по размерному составу массовых представителей ихтиофауны позволили расширить существующие сведения о предельных длинах некоторых исследуемых видов рыб в водах у западного побережья Камчатки, а также в целом указывают на имеющиеся пробелы в современных знаниях. Представленные материалы по возрастному составу минтая, трески и желтоперой камбалы, полученные с помощью размерно-возрастных ключей, позволили сделать предположение об урожайности ближнего и дальнего пополнения.

ЛИТЕРАТУРА

Борец Л.А. 2000. Аннотированный список рыб дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО-Центр. 192 с.

Варкентин А.И., Сергеева Н.П., Ильин О.И., Овсянников Е.Е. 2021. Промысел, размерно-возрастной состав, состояние запасов и перспективы вылова минтая (*Gadus chalcogrammus*, Pallas, 1814) на акватории, прилегающей к Камчатскому полуострову и северным Курильским островам. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. № 60. С. 5–42.

Великанов А.Я. 1986. Сезонные особенности распределения мойвы в шельфовых водах Сахалина. *Рыбное хозяйство*. № 12. С. 24–26.

Золотов А.О. 2010. Камбалы западной части Берингова моря: динамика численности и особенности биологии. *Диссертация ... канд. биол. наук.* Петропавловск-Камчатский. 226 с.

Линдберг Г.У., Красюкова З.В. 1987. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. Ч. 5. Ленинград: Наука. 526 с.

Матвеев А.А., Варкентин А.И. 2022. Доминирующие виды донного и придонного ихтиоцена западнокамчатского шельфа: распределение и биомасса. *Вестник Камчатского государственного технического университета.* № 62. С. 74–97.

Наумова Т.Н. 2021. Распределение мойвы *Mallotus villosus catervarius* в восточной части Охотского моря в весенний период. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. 60. С. 43–52.

Овсянников Е.Е. 2009. Оценка урожайности поколений минтая в северной части Охотского моря. *Известия ТИНРО*. Т. 157. С. 64–80.

Овсянников Е.Е. 2011. Динамика пространственного распределения икры и молоди минтая в северной части Охотского моря. *Автореферат диссертации ... канд. биол. наук*. Владивосток. 20 с.

Токранов А.М. 1985. Биология массовых видов рогатковых (семейство Cottidae) прикамчатских вод: *Автореферат диссертации ... канд. биол. наук.* Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 22 с.

Токранов А.М., Заварина С.В. 1992. Размерно-возрастная структура и соотношение полов желтобрюхой морской камбалы *Pleuronectes quadrituberculatus* на западнокамчатском шельфе. *Вопросы ихтиологии.* Т. 32. Вып. 3. С. 27–35.

Токранов А.М., Орлов А.М. 2014. Особенности распределения и экологии двух видов морских лисичек рода *Podothecus* (Agonidae) в тихоокеанских водах северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки. *Вопросы ихтиологии*. Том 54. № 2. С. 157–167.

Токранов А.М., Орлов А.М. 2016. Стихеевые рыбы (Stichaeidae) прикамчатских вод. Сборник научных статей. Бендеры: Eco-TIRAS. С. 536–539.

Тупоногов В.Н., Кодолов Л.С. 2014. Полевой определитель промысловых и массовых видов рыб дальневосточных морей России. Владивосток: Русский Остров. 336 с.

Фадеев Н.С. 1987. Северотихоокеанские камбалы (распространение и биология). Москва: Агропромиздат, 175 с.

Фадеев Н.С. 2005. Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО-Центр. 366 с.

Шилин Ю.А. 1970. Некоторые черты биологии мойвы *Mallotus villosus socialis* (Pallas) в северной части Охотского моря. Известия ТИНРО. Т. 71. С. 231–238.

Mecklenburg C.W., Mecklenburg T.A., Thorsteinson L.K. 2002. Fishes of Alaska. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society. XXXVII. 1037 p. 40 Pl.

Yamazaki A., Markevich A., Munehara H. 2013. Molecular phylogeny and zoogeography of marine sculpins in the genus *Gymnocanthus* (Teleostei; Cottidae) based on mitochondrial DNA sequences. *Marine Biology*. Vol. 160. P. 2581–2589. DOI: 10.1007/s00227-013-2250-4.

REFERENCES

Borets L.A. 2000. Annotated list of fishes of the Far Eastern seas. Vladivostok: TINRO-Center. 192 p. (in Russian).

Varkentin A.I., Sergeeva N.P., Ilyin O.I., Ovsyannikov E.E. 2021. Fishery, size and age composition, state of stocks and prospects for catching walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*, Pallas, 1814) in the water area adjacent to the Kamchatka Peninsula and the northern Kuril Islands. *Issledovanija vodnyh biologicheskih resursov Kamchatki i severo-zapadnoj chasti Tihogo okeana (The Research of Water Biological Resources of Kamchatka and of the Northwestern Part of Pacific Ocean).* № 60. P. 5–42 (in Russian).

Velikanov A.Ya. 1986. Seasonal features of the distribution of capelin in the shelf waters of Sakhalin. *Rybnoe khozyaystvo (Fisheries Journal).* № 12. P. 24–26 (in Russian).

Zolotov A.O. 2010. Flounders of the western part of the Bering Sea: dynamics of abundance and features of biology. *Candidacy dissertation for biological sciences*. Petropavlovsk-Kamchatsky. 226 p. (in Russian).

Lindberg G.U., Krasyukova Z.V. 1987. Fishes of the Sea of Japan and adjacent parts of the Sea of Okhotsk and the Yellow Sea. Part 5. Leningrad: Nauka Publ. 526 p. (in Russian).

Matveev A.A., Varkentin A.I. 2022. Bottom and bear-bottom ichthiocene dominant species of western Kamchatka shelf: distribution and biomass. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University).* № 62. P. 74–97 (in Russian).

Naumova T.N. 2021. Distribution of capelin *Mallotus villosus catervarius* in the eastern part of the Sea of Okhotsk in spring. *Issledovanija vodnyh biologicheskih resursov Kamchatki i severo-zapadnoj chasti Tihogo okeana (The Research of water biological resources of Kamchatka and of the northwestern part of Pacific Ocean).* Issue. 60. P. 43–52 (in Russian).

Ovsyannikov E.E. 2009. Evaluation of the productivity of pollock generations in the northern part of the Sea of Okhotsk. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography).* Vol. 157. P. 64–80 (in Russian).

Ovsyannikov E.E. 2011. Dynamics of the spatial distribution of pollock eggs and juveniles in the northern part of the Sea of Okhotsk. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Vladivostok. 20 p. (in Russian).

Tokranov A.M. 1985. Biology of mass species of hornworts (family Cottidae) in Kamchatka waters. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences.* Vladivostok: Far Eastern Scientific Center of the Academy of Sciences of the USSR. 22 p. (in Russian).

Tokranov A.M., Zavarina S.V. 1992. Size-age structure and sex ratio of the yellow-bellied flounder *Pleuronectes quadrituberculatus* on the Western Kamchatka shelf. *Voprosy ichthiologii (Journal of Ichthyology).* Vol. 32. Issue 3. P. 27–35 (in Russian).

Tokranov A.M., Orlov A.M. 2014. Peculiarities of distribution and ecology of two species of sea foxes of the genus *Podothecus* (Agonidae) in the Pacific waters of the Northern Kuril Islands and southeastern Kamchatka. *Voprosy ichthiologii (Journal of Ichthyology)*. Vol. 54. № 2. P. 157–167 (in Russian).

Tokranov A.M., Orlov A.M. 2016. Sticheevye pisces (Stichaeidae) of the Kamchatka waters. Collection of scientific articles. Benders: Eco-TIRAS. P. 536–539 (in Russian).

Tuponogov V.N., Kodolov L.S. 2014. Field guide to commercial and common fish species of the Far Eastern seas of Russia. Vladivostok: Russian Island. 336 p. (in Russian).

Fadeev N.S. 1987. North Pacific flounders (distribution and biology). Moscow: Agropromizdat Publ. 175 p. (in Russian).

Fadeev N.S. 2005. Handbook of Biology and Fisheries of the North Pacific Ocean. Vladivostok: TINRO-Center. 366 p. (in Russian).

Shilin Yu.A. 1970. Some features of the biology of capelin *Mallotus villosus socialis* (Pallas) in the northern part of the Sea of Okhotsk. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography).* Vol. 71. P. 231–238 (in Russian).

Mecklenburg C.W., Mecklenburg T.A., Thorsteinson L.K. 2002. Fishes of Alaska. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society. XXXVII. 1037 p. 40 Pl.

Yamazaki A., Markevich A., Munehara H. 2013. Molecular phylogeny and zoogeography of marine sculpins in the genus *Gymnocanthus* (Teleostei; Cottidae) based on mitochondrial DNA sequences. *Marine Biology*. Vol. 160. P. 2581–2589. DOI: 10.1007/s00227-013-2250-4.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Матвеев Андрей Анатольевич – Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО); 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук; старший научный сотрудник; matveev.a.a@kamniro.ru. SPIN-код: 3492-0814, Author ID: 803665; Scopus ID: 57204554430; ORCID: 0000-0003-2101-6207.

Matveev Andrey Anatolyevich – Kamchatka Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO); 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences; Senior Researcher; matveev.a.a@kamniro.ru. SPIN-code: 3492-0814, Author ID: 803665; Scopus ID: 57204554430; ORCID: 0000-0003-2101-6207.

Варкентин Александр Иванович – Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО); 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук; заместитель руководителя; varkentin.a.i@kamniro.ru. SPIN-код: 6126-6033, Author ID: 748558; ORCID: 0000-0002-1735-0088.

Varkentin Alexander Ivanovich – Kamchatka Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO); 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences; Deputy Director; varkentin.a.i@kamniro.ru. SPIN-code: 6126-6033, Author ID: 748558; ORCID: 0000-0002-1735-0088.

УДК 597. 42/.55(265.52) DOI: 10.17217/2079-0333-2023-64-76-89

ПИТАНИЕ И ВНУТРИВИДОВЫЕ ПИЩЕВЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ БУРОГО МОРСКОГО ПЕТУШКА *ALECTRIAS ALECTROLOPHUS* (STICHAEIDAE) В ПРИЛИВНО-ОТЛИВНОЙ ЗОНЕ АВАЧИНСКОЙ ГУБЫ (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)

Токранов А.М., Железняк М.Ю.

Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, 6.

По материалам, собранным в апреле – сентябре 2021–2022 гг. в приливно-отливной зоне северо-восточной части Авачинской губы, проанализированы сезонная динамика размерного состава бурого морского петушка *Alectrias alectrolophus*, особенности питания и пищевые взаимоотношения его особей в возрасте от 0+ до 7 лет в этом биотопе. Установлено, что, хотя с конца июня до октября они постоянно держатся на одних и тех же галечно-валунных участках приливно-отливной зоны, а основными пищевыми объектами им служат бокоплавы (от 65,9 до 89,1% по массе в разные месяцы), обитание преимущественно в различных горизонтах литорали и использование в пищу кормовых организмов разного размера позволяют разновозрастным особям избегать напряженных пищевых отношений и эффективно использовать кормовые ресурсы литорали.

Ключевые слова: Авачинская губа, бурый морской петушок, литораль, пищевые взаимоотношения, питание, Юго-Восточная Камчатка.

FEEDING AND INTRA-SPECIES FOOD RELATIONSHIPS OF STONE COCKSCOMB *ALECTRIAS ALECTROLOPHUS* (STICHAEIDAE) IN THE INTERTIDAL ZONE OF AVACHA BAY (SOUTH-EASTERN KAMCHATKA)

Tokranov A.M., Zheleznyak M.Yu.

Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Partyzanskaya Str. 6.

Based on materials collected in April – September 2021–2022 in the intertidal zone of the north-eastern part of the Avacha Bay, the seasonal dynamics of the stone cockscomb *Alectrias alectrolophus* size composition, the feeding habits and food relationships of its individuals at the age from 0+ to 7 years old in this biotope were analyzed. It was established that living mainly in different horizons of the littoral and the use of food organisms of different sizes for food allowed individuals of different ages to avoid tense food relations and effectively use the food resources of the littoral zone. Although all of them constantly stayed on the same pebble-boulder areas in the tidal zone from the end of June to October and amphipods served as their main food objects (from 65.9 to 89.1% by weight in different months).

Key words: Avacha Bay, stone cockscomb, littoral, food relationships, feeding, South-Eastern Kamchatka.

ВВЕДЕНИЕ

Бурый морской петушок *Alectrias alectrolophus* – типичный представитель литоральных рыб, широко распространенный в северо-западной части Тихого океана [Андрияшев, 1954; Борец, 2000; Шейко, Федоров, 2000; Черешнев и др., 2001; Mecklenburg et al., 2002; Федоров и др., 2003; Парин и др., 2014, и др.]. В период открытой воды с апреля по октябрь он постоянно держится в приливно-отливной зоне, оставаясь здесь в укрытиях под камнями во время отливов. В галечно-валунных биотопах Авачинской губы бурый морской петушок является массовым видом [Popov, 1933; Виноградов, 1946; Токранов, Шейко, 2015; Токранов, Мурашева, 2018, и др.]. Как было установлено нами ранее [Мурашева, Токранов, 2017], в период с апреля по октябрь в приливно-отливной зоне Авачинской губы постоянно обитают особи этого вида стихеевых рыб в возрасте от 1+ до 7 лет. С конца июня здесь появляются также его сеголетки [Токранов, Мурашева, 2022]. Поскольку основными пищевыми объектами бурому морскому петушку всех возрастных групп в данном биотопе служат бокоплавы [Мурашева, Токранов, 2019; Токранов, Мурашева, 2022], в настоящей работе предпринята попытка проанализировать особенности питания особей бурого морского петушка разного возраста в приливно-отливной зоне в период с апреля по октябрь и оценить их пищевые взаимоотношения в летние месяцы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для данной статьи послужили сборы одного из авторов, выполненные в апреле – сентябре 2021–2022 гг. на трех участках приливно-отливной зоны северо-восточной части Авачинской губы. Первый из них расположен рядом с местом базирования рыболовецких судов вблизи микрорайона Сероглазка, второй – в самом центре Петропавловска-Камчатского, у сопки Никольской, третий – у м. Сигнального (рис. 1). Бурого морского петушка ловили руками под камнями в приливно-отливных лужах во время максимальных отливов. Всего за период наблюдений выловлено и подвергнуто массовому промеру с точностью до 1 мм более 5,5 тыс. его особей.

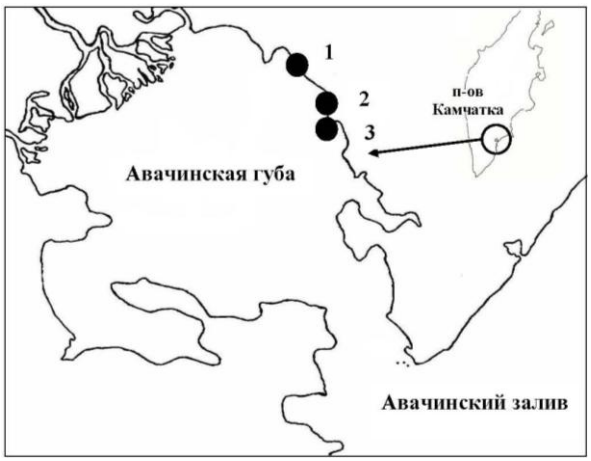

Рис. 1. Участки литорали Авачинской губы, на которых проводили обловы бурого морского петушка в апреле – сентябре 2021–2022 гг.: *1* – вблизи микрорайона Сероглазка, *2* – у сопки Никольской, *3* – у м. Сигнального

Fig. 1. Littoral areas of Avacha Bay, where the stone cockscomb was caught in April – September 2021–2022: *1* – near the microdistrict Seroglazka, *2* – near the Nikolskaya hill, *3* – near the cape Signalny

Обработку содержимого желудков выловленных рыб, зафиксированных в 6%-ном формалине, в дальнейшем проводили в лабораторных условиях количественно-весовым методом в соответствии с «Методическим пособием…» [1974]. Всего обработано содержимое желудков 665 экз. бурого морского петушка длиной от 16 до 128 мм в возрасте от 0+ до 6+ лет. В качестве показателей, характеризующих состав пищи и интенсивность питания этого вида, использованы частота встречаемости пищевых объектов и их относительное значение (в % массы пищи), а также индекс наполнения и доля пустых желудков. Для характеристики сходства состава пищи разновозрастных групп рыб, пойманных единовременно в середине июля 2022 г., применен СП-коэффициент, или индекс пищевого сходства (ИПС) А.А. Шорыгина [Методическое пособие…, 1974].

При анализе особенностей питания и пищевых взаимоотношений все исследованные особи бурого морского петушка были разделены на три возрастные группы – сеголетки (0+), двухлетки (1+) и трехсемилетки (2+…6+), каждая из которых до августа довольно хорошо обособлена на кривой размерного состава, а входящие в нее рыбы держатся преимущественно в различных горизонтах литорали – сеголетки на удалении не более 0,5 м [Токранов, Мурашева, 2022], двухлетки – до 1 м, а трех-семилетки – почти до 2 м от уровня максимального отлива [Мурашева, Токранов, 2017]. Статистическую обработку данных, характеризующих размерно-возрастные показатели, проводили по общепринятой методике [Лакин, 1980].

Дополнительно были привлечены наши данные о составе пищи двух-семилеток этого вида, собранные на участках приливно-отливной зоны северо-восточной части Авачинской губы, вблизи микрорайона Сероглазка, и в самом центре Петропавловска-Камчатского, у сопки Никольской, в мае – сентябре 2014–2016 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наши данные позволили проследить динамику размерных показателей бурого морского петушка в приливно-отливной зоне северо-восточной части Авачинской губы в апреле – сентябре 2021–2022 гг. В период с апреля до конца июня на литорали этот вид был представлен двухлетками длиной 35–70 мм с массой тела 0,19–1,37 г и более старшими особями в возрасте от 2+ до 7 лет размером 64–140 мм с массой тела 1,09–13,8 г. Причем двухлетки формируют довольно хорошо обособленную размерную группу рыб, суммарная доля которых варьирует от 25 до 29% всех выловленных особей бурого морского петушка (рис. 2). Но начиная с августа, по мере дальнейшего увеличения размеров двухлеток, она постепенно сливается с группой трех-шестилеток, образуя единую двухвершинную кривую размерного состава. Во второй половине июня в приливно-отливной зоне начинают появляться сеголетки бурого морского петушка длиной 16–20 мм с массой тела 20–30 мг [Токранов, Мурашева, 2022], которые в июле формируют третью размерную группу от 20 до 35 мм (рис. 2) с массой тела 65–230 мг. То есть начиная с июля, в приливно-отливной зоне обитает бурый морской петушок всех возрастных групп от сеголетков до особей семи лет.

Согласно нашим данным [Мурашева, Токранов, 2019], бурый морской петушок длиной от 40 до 143 мм в Авачинской губе является мезобентофагом, использующим в пищу, как и в других районах своего обитания, различных мелких донных беспозвоночных [Андрияшев, 1954; Цурпало,

1993; Чегодаева, 2005; Колпаков, Милованкин, 2014]. Однако, несмотря на довольно широкий спектр питания, включающий представителей 10 систематических групп животных и водорослей, главными кормовыми объектами этому виду стихеевых рыб в приливно-отливной зоне Авачинской губы служат бокоплавы, частота встречаемости которых в его пище в период с мая по сентябрь варьирует от 58,4 до 86,0%, а доля составляет 65,9–89,1% по массе (табл. 1). С увеличением размеров бурого морского петушка заметно возрастает потребление им также брюхоногих моллюсков: с 7,6% у особей длиной менее 80 мм до 13,2% по массе у самых крупных рыб (свыше 110 мм) [Мурашева, Токранов, 2019].

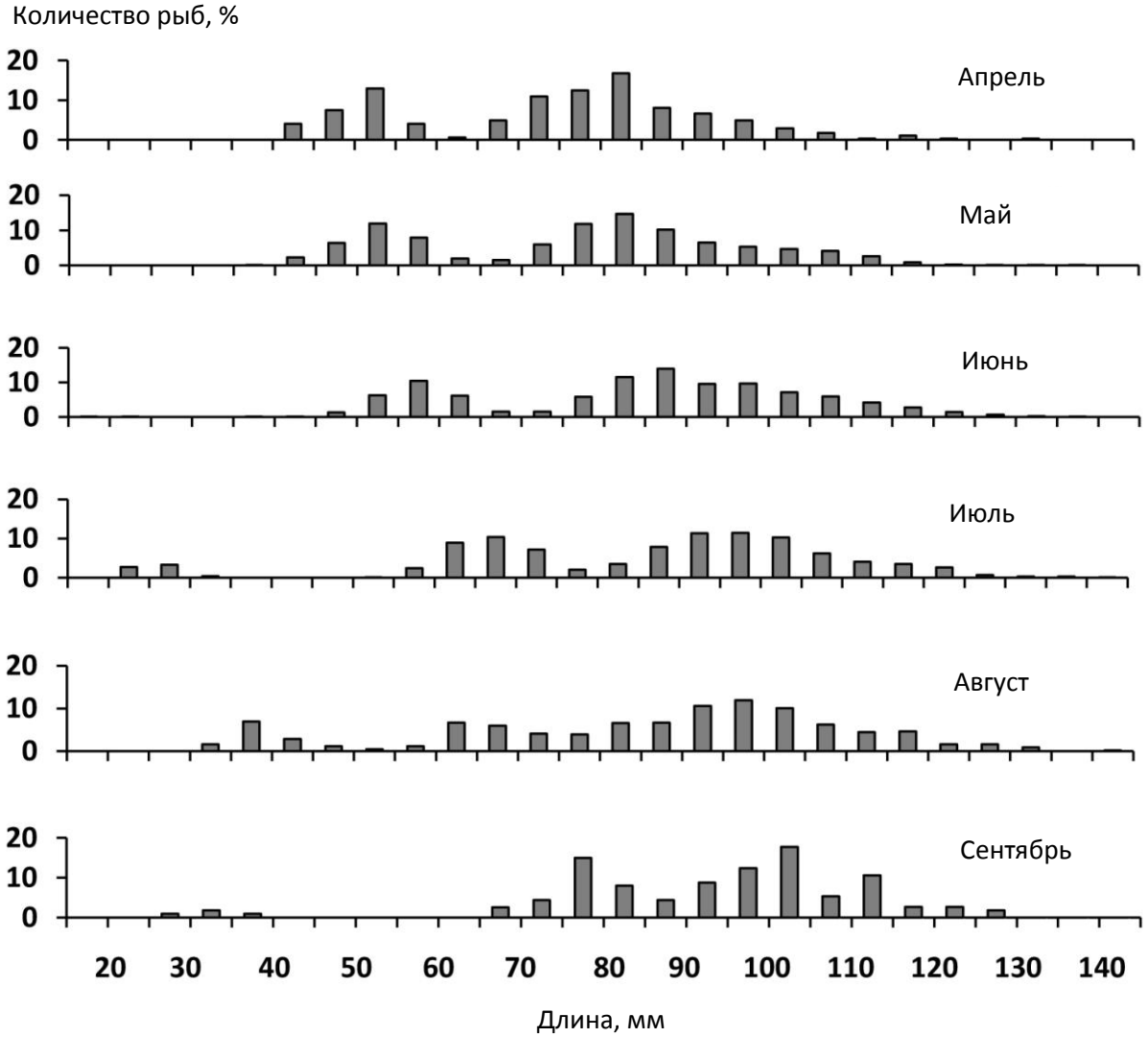

Рис. 2. Динамика размерного состава бурого морского петушка в приливно-отливной зоне северо-восточной части Авачинской губы в апреле – сентябре 2021–2022 гг.: апрель (*n* = 348), май (*n* = 1625), июнь (*n* = 1894), июль (*n* = 1001), август (*n* = 564), сентябрь (*n* = 113)

Fig. 2. Dynamics of the size composition of the stone cockscomb in the tidal zone of the north-eastern part of Avacha Bay in April – September 2021–2022: April (*n* = 348), May (*n* = 1625), June (*n* = 1894), July (*n* = 1001), August (*n* = 564), September (*n* = 113)

Таблица 1. Значение различных кормовых организмов в пище особей бурого морского петушка размером 40–143 мм в Авачинской губе в мае – сентябре 2014–2016 и 2022 гг.

Table 1. The value of various food organisms in the diet of the stone cockscomb individuals 40–143 mm in size in May – September 2014–2016 and 2022

Кормовые объекты	Июнь – август 2014 г.*		Июнь – июль 2015 г.*		Май – сентябрь 2016 г.*		Май – июль 2022 г.	
	Частота встречаемости, %	% по массе	Частота встречаемости, %	% по массе	Частота встречаемости, %	% по массе	Частота встречаемости, %	% по массе
Chlorophyta	4,5	1,0	5,0	14,5	5,0	7,6	1,8	0,1
Polychaeta	–	–	1,0	1,7	0,6	0,9	3,2	6,0
Harpacticoida	–	–	–	–	–	–	26,6	5,2
Amphipoda	78,9	89,1	86,0	65,9	58,4	72,6	73,3	76,6
Bivalvia	7,1	0,3	2,0	4,2	4,2	3,8	4,1	9,4
Gastropoda	17,9	8,4	3,0	11,2	8,5	13,2	0,5	0,1
Chironomidae, larvae	–	–	–	–	1,3	1,1	3,4	1,1
Pisces, juv	2,2	1,2	1,0	2,5	–	–	0,5	0,9
Прочие**	–	–	–	–	0,4	0,8	5,0	0,6
Индекс наполнения желудков, ‰	86,9		116,6		92,1		88,1	
Доля пустых желудков, %	14,4		14,0		28,4		17,5	
Число рыб, экз.	223		100		543		469	

* По: [Мурашева, Токранов, 2019] с нашими изменениями
** В группу «Прочие» входят два вида кормовых объектов – Isopoda и Pisces, ova, суммарная доля которых составляет 0,6–0,8% по массе

* From: [Murasheva, Tokranov, 2019] with our changes
** Group “Прочие” includes two types of food objects – Isopoda and Pisces, ova, the total share of which is 0.6–0.8% by weight

Результаты исследования состава пищи двухлеток этого вида свидетельствуют, что, несмотря на довольно широкий спектр питания, состоящий из представителей семи групп беспозвоночных и собственных сеголеток, их основными кормовыми объектами являются бокоплавы, частота встречаемости которых в апреле – июле варьирует от 53,3 до 84,5%, а доля – от 60,5 до 93,5% по массе (табл. 2). Весной существенное значение в пище принадлежит также веслоногим ракообразным отряда Harpacticoida (от 39,5% в апреле до 20,5% по массе в мае). По мере увеличения размеров двухлеток соотношение в их рационе различных кормовых организмов несколько меняется: если у особей длиной менее 40 мм заметную роль в пище, помимо бокоплавов, играют также многощетинковые черви (46,2%), то у наиболее крупных экземпляров (свыше 70 мм) – двустворчатые моллюски (около 22% по массе) (см. табл. 3).

Пищей сеголеткам бурого морского петушка длиной 16–20 мм, появляющимся в приливно-отливной зоне Авачинской губы во второй половине июня, по нашим данным, служат представители всего лишь двух групп ракообразных – веслоногие рачки отряда Harpacticoida (33,3%) и мелкие бокоплавы размером до 1 мм (66,7% по массе) (см. табл. 4). По мере роста и увеличения длины сеголеток спектры их питания постепенно начинают расширяться – до представителей четырех систематических групп организмов в июле и пяти в августе. Однако уже с июля доля веслоногих рачков отряда Harpacticoida в пище сеголеток резко сокращается, составляя в последующие месяцы всего 0,2–0,5% по массе. Вместо них в рационе появляются более крупные, чем веслоногие рачки, личинки креветок и комаров-звонцов, а также многощетинковые черви (см. табл. 4).

Поскольку особи всех возрастных групп бурого морского петушка от сеголеток до рыб в возрасте семи лет обитают с конца июня до октября в одном и том же биотопе, а основными пищевыми объектами им служат бокоплавы, по материалам, собранным единовременно в середине июля 2022 г. и включающим как сеголеток, так двухлеток и трех-семилеток, мы проанализировали пищевые взаимоотношения бурого морского петушка разного возраста в приливно-отливной зоне Авачинской губы. Согласно нашим данным, наибольшее сходство в составе пищи у особей всех возрастных групп обусловлено за счет потребления ими бокоплавов (см. табл. 5), которое между сеголетками и двухлетками составляет около 82%, а между сеголетками-двухлетками и более старшими особями – почти 55% по массе, тогда как сходство по всем остальным кормовым организмам между сеголетками и двухлетками не превышает 3,4%, а между двухлетками и трех-семилетками – 14,3% по массе.

Однако анализ размерного состава бокоплавов, используемых в пищу бурым морским петушком разного возраста, свидетельствует, что его сеголетки, двухлетки и трех-семилетки питаются особями этих ракообразных в значительной степени разной величины (см. рис. 3). По-видимому, это связано с бóльшими линейными размерами и шириной раскрытия рта, а также с возрастающей подвижностью старших рыб, что позволяет им захватывать добычу значительной величины, в отличие от двухлеток, а тем более сеголеток. Рассчитав относительное значение по массе бокоплавов каждой размерной группы через 1 мм в пище особей бурого морского петушка разного возраста, мы оценили степень сходства потребляемых ими кормовых организмов с учетом данного показателя (см. рис. 4).

Таблица 2. Состав пищи двухлеток бурого морского петушка в приливно-отливной зоне северо-восточной части Авачинской губы в апреле – июле 2021–2022 гг.

Table 2. Food composition of the stone cockscomb of the second year (1+) of life in the tidal zone of the north-eastern part of Avacha Bay in April – July 2021–2022

Компонент	Месяц								В целом	
	Апрель		Май		Июнь		Июль			
	Частота встречаемости, %	% по массе	Частота встречаемости, %	% по массе	Частота встречаемости, %	% по массе	Частота встречаемости, %	% по массе	Частота встречаемости, %	% по массе
Polychaeta	–	–	1,7	2,5	1,9	0,1	1,5	1,1	1,0	0,9
Harpacticoida	76,7	39,5	72,2	20,8	36,9	3,3	–	–	35,1	7,7
Ostracoda	–	–	2,6	+	10,7	0,1	–	–	6,0	+
Isopoda	6,7	+	1,7	+	–	–	–	–	1,0	+
Amphipoda	53,3	60,5	73,9	76,1	84,5	93,6	61,8	87,0	77,3	87,7
Bivalvia	3,3	+	2,6	0,6	1,9	0,6	19,1	6,2	5,0	1,4
Chironomidae, larvae	–	–	–	–	–	–	5,9	5,7	1,0	1,0
Pisces, juv	–	–	–	–	1,0	2,3	–	–	0,5	1,3
Доля пустых желудков, %	16,7		12,2		12,6		29,4		15,5	
Индекс наполнения желудков, ‰	63,6		59,7		47,1		17,3		39,3	
Число двухлеток, экз.	30		115		206		68		419	
Длина исследованных двухлеток, мм	35–60		36–66		48–70		59–75		35–75	

Примечание. Здесь и в таблицах 3–5 знак «+» означает менее 0,1% массы пищи.

Note. Here and in tables 3–5 the sign “+” means less than 0.1% of the food mass.

Таблица 3. Изменение состава пищи двухлеток бурого морского петушка в приливно-отливной зоне Авачинской губы по мере роста в апреле – июле 2021–2022 гг.

Table 3. Change of food composition of the stone cockscomb of the second year (1+) of life in the tidal zone of Avacha Bay during growing in April – July 2021–2022

Компонент	Длина, мм									
	<40		41–50		51–60		61–70		>70	
	Частота встречаемости, %	% по массе	Частота встречаемости, %	% по массе	Частота встречаемости, %	% по массе	Частота встречаемости, %	% по массе	Частота встречаемости, %	% по массе
Polychaeta	25,0	46,2	1,1	1,1	1,3	0,1	1,5	0,9	–	–
Harpacticoida	75,0	+	36,1	19,1	27,7	5,3	1,5	+	–	–
Ostracoda	–	–	5,5	+	7,1	+	3,1	+	–	–
Isopoda	–	–	2,2	+	–	–	–	–	–	–
Amphipoda	75,0	53,8	69,2	79,8	76,8	92,7	66,2	86,2	63,6	73,2
Bivalvia	–	–	1,1	+	1,9	1,3	3,1	3,1	27,3	21,9
Chironomidae, larvae	–	–	–	–	0,6	0,3	12,3	3,1	27,3	4,9
Pisces, juv	–	–	–	–	0,5	0,3	1,4	6,7	–	–
Доля пустых желудков, %	25,0		16,5		11,5		21,4		18,2	
Индекс наполнения желудков, ‰	138,3		111,0		45,2		22,0		173,7	
Число двухлеток, экз.	4		125		209		70		11	

Таблица 4. Состав пищи сеголеток бурого морского петушка в приливно-отливной зоне северо-восточной части Авачинской губы в июне – августе 2021–2022 гг.

Table 4. Food composition of the underyearlings (0+) of stone cockscomb in the tidal zone of the north-eastern part of Avacha Bay in June – August 2021–2022

Компонент	Месяц						В целом	
	Июнь		Июль		Август			
	Частота встречаемости, %	% по массе	Частота встречаемости, %	% по массе	Частота встречаемости, %	% по массе	Частота встречаемости, %	% по массе
Polychaeta	–	–	–	–	7,5	6,5	4,6	5,1
Harpacticoida	20,0	33,3	6,1	0,2	2,5	0,5	4,6	0,6
Amphipoda	50,0	66,7	90,9	96,4	83,3	85,5	84,2	87,5
Decapoda, larvae	–	–	2,6	3,4	11,7	7,5	8,2	6,8
Bivalvia	–	–	1,5	+	–	–	0,5	+
Chironomidae, larvae	–	–	–	–	0,8	+	0,5	+
Доля пустых желудков, %	30,0		3,0		9,2		13,3	
Индекс наполнения желудков, ‰	55,6		96,7		88,2		85,7	
Число сеголеток, экз.	10		66		120		196	
Длина исследованных сеголеток, мм	16–20		23–35		31–50		16–50	

Таблица 5. Состав пищи (в % по массе) особей бурого морского петушка разного возраста в приливно-отливной зоне северо-восточной части Авачинской губы в июле 2022 г.

Table 5. Food composition (in % by weight) of the stone cockscomb individuals of different ages in the tidal zone of the north-eastern part of Avacha Bay in July 2022

Компонент	Возраст, лет		
	0+	1+	2+…6+
Polychaeta	–	1,0	17,1
Amphipoda	96,6	81,8	54,9
Decapoda, larvae	3,4	5,9	–
Bivalvia	+	5,9	26,5
Chironomidae, larvae	–	5,4	1,5
Длина исследованных особей, мм	23–35	59–75	78–128
Число рыб, экз.	50	68	50

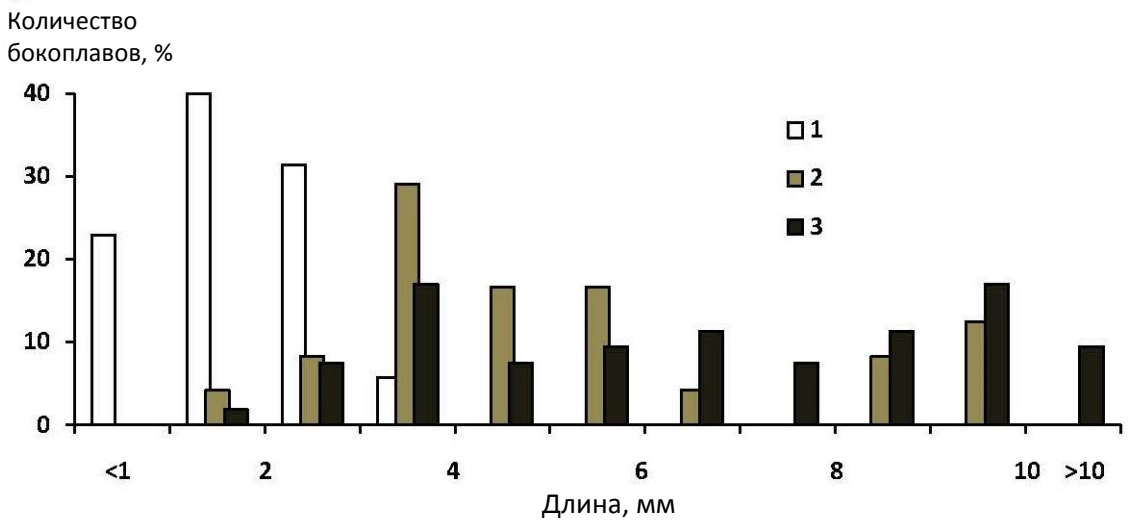

Рис. 3. Размерный состав бокоплавов в пище особей бурого морского петушка разного возраста: *1* – сеголетки (0+), *2* – двухлетки (1+), *3* – трех-семилетки (2+…6+)

Fig. 3. The size composition of amphipods in the food of the stone cockscomb individuals of different ages: *1* – underyearlings (0+), *2* – individuals of second year of life (1+), *3* – individuals of third-seventh years of life (2+…6+)

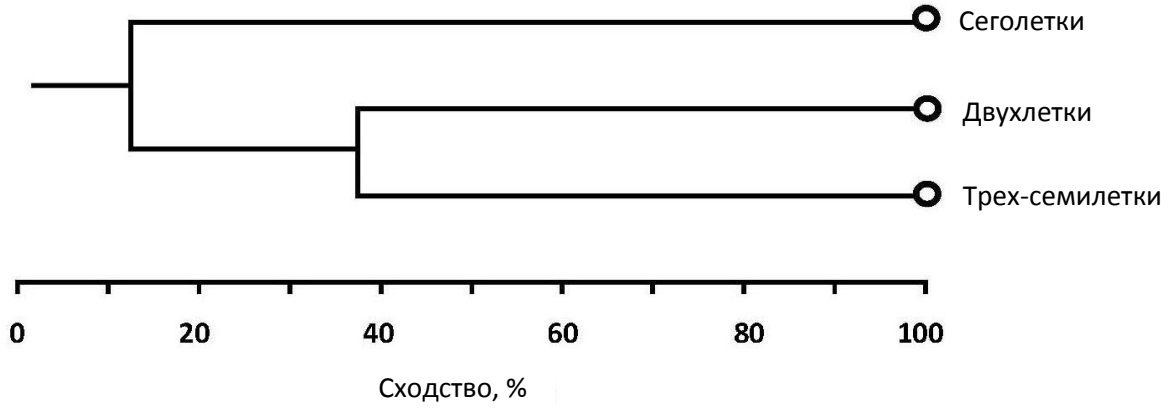

Рис. 4. Дендрограмма сходства состава пищи (% по массе) особей бурого морского петушка разного возраста в приливно-отливной зоне северо-восточной части Авачинской губы в июле 2022 г.

Fig. 4. Dendrogram of the similarity of the food composition (in % by weight) of the stone cockscomb individuals of different ages in the tidal zone of the north-eastern part of Avacha Bay in July 2022

Как оказалось, рассчитанная таким образом величина сходства состава пищи двухлеток и трех-семилеток этого вида стихеевых рыб составляет 38,2%, тогда как их и сеголеток – всего 13,2% по массе. С учетом того что особи бурого морского петушка разного возраста в летние месяцы пространственно несколько разобщены и держатся преимущественно в различных горизонтах литорали: сеголетки на удалении не более 0,5 м [Токранов, Мурашева, 2022], двухлетки – до 1 м, а трех-семилетки – почти до 2 м от уровня максимального отлива [Мурашева, Токранов, 2017], а также возможно большего разнообразия видового состава используемых в пищу бокоплавов (принадлежность их мелких особей к тому или иному виду, как правило, определить довольно сложно из-за значительной переваренности рачков), в дей-

ствительности степень сходства состава пищи его сеголеток, двухлеток и трехсемилеток, по всей видимости, еще ниже полученных нами расчетных величин. На основании этого можно сделать вывод, что, несмотря на обитание в летние месяцы в одном и том же биотопе (галечно-валунные участки приливно-отливной зоны), некоторая пространственная разобщенность и использование в пищу кормовых организмов (главным образом, бокоплавов) разного размера, позволяет особям бурого морского петушка избегать пищевой конкуренции и более эффективно использовать кормовые ресурсы приливно-отливной зоны. Единичные случаи каннибализма, т. е. потребление во второй половине июня сеголеток бурого морского петушка длиной 16–20 мм его более старшими особями, зарегистрированы нами в основном среди двухлеток размером 60–65 мм (лишь один раз сеголеток был обнаружен в желудке трехлетки длиной 89 мм), что, по-видимому, обусловлено бóльшим совпадением их мест обитания в нижнем горизонте литорали, в отличие от рыб в возрасте 2+…7 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований, выполненных в 2021–2022 гг. в приливно-отливной зоне северо-восточной части Авачинской губы, свидетельствуют о том, что в период с апреля по октябрь здесь постоянно обитают особи бурого морского петушка в возрасте от 1+ до 7 лет длиной 35–140 мм, причем до июля они формируют две довольно хорошо обособленные размерные группы рыб – двухлеток и трех-семилеток, которые в августе, по мере дальнейшего увеличения размеров первых из них, образуют одну двухвершинную кривую размерного состава. Появляющиеся здесь со второй половины июня сеголетки этого вида в дальнейшем образуют третью размерную группу, в связи с чем начиная с июля в приливно-отливной зоне встречается бурый морской петушок всех возрастных групп от сеголетков до особей семи лет.

Будучи мезобентофагом с довольно широким спектром питания, бурый морской петушок в возрасте от сеголетка до семи лет в приливно-отливной зоне Авачинской губы в период с апреля по октябрь, тем не менее, потребляет преимущественно бокоплавов. Однако весной, наряду с бокоплавами, существенное значение в рационе двухлеток играют также веслоногие рачки отряда Harpacticoida, а в августе – сентябре двустворчатые моллюски. Пищей появляющимся в приливно-отливной зоне во второй половине июня сеголеткам служат представители лишь двух групп ракообразных – веслоногие рачки отряда Harpacticoida и мелкие бокоплавы. По мере роста и увеличения длины сеголеток спектры их питания постепенно расширяются, в связи с чем с июля в рационе появляются более крупные кормовые объекты.

Хотя особи всех возрастных групп бурого морского петушка от сеголеток до рыб в возрасте семи лет обитают с конца июня до октября в одном и том же биотопе, а основными пищевыми объектами им служат бокоплавы, результаты наших исследований свидетельствуют, что размеры этих ракообразных в составе пищи сеголеток, двухлеток и трех-семилеток данного вида заметно различаются. По-видимому, это связано с бóльшими линейными размерами и шириной раскрытия рта, а также с возрастающей подвижностью старших особей бурого морского петушка, позволяющей им захватывать более крупную добычу, в отличие от двухлеток, а тем более сеголеток. С учетом того что особи

бурого морского петушка разного возраста в летние месяцы держатся преимущественно в различных горизонтах литорали, а также возможно бóльшего фактического разнообразия видового состава используемых в пищу бокоплавов, в действительности степень сходства состава пищи его сеголеток, двухлеток и трех-семилеток, по всей видимости, меньше полученных нами расчетных данных. Поэтому, несмотря на обитание в летние месяцы в одном и том же биотопе, некоторая пространственная разобщенность и использование в пищу кормовых организмов разного размера позволяют сеголеткам, двухлеткам и более старшим особям бурого морского петушка избегать напряженных пищевых отношений, эффективно используя кормовые ресурсы литорали.

ЛИТЕРАТУРА

Андрияшев А.П. 1954. Рыбы северных морей СССР. М. – Л.: Изд-во АН СССР. 566 с.

Борец Л.А. 2000. Аннотированный список рыб дальневосточных морей. Владивосток: ТИНРО-Центр. 192 с.

Виноградов К.А. 1946. Фауна прикамчатских вод Тихого океана: *Диссертация ... д-ра биол. наук.* Ленинград. 783 с.

Колпаков Е.В., Милованкин П.Г. 2014. Размерно-возрастной состав, рост и питание бурого морского петушка *Alectrias alectrolophus* (Pisces: Stichaeidae) из залива Ольга Японского моря. *Вопросы ихтиологии.* Т. 54. Вып. 3. С. 372–376. DOI: 10.7868/S0042875214030084.

Лакин Г.Ф. 1980. Биометрия. Москва: Высшая школа. 292 с.

Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. 1974. Москва: Наука. 254 с.

Мурашева М.Ю., Токранов А.М. 2017. Размерно-возрастная структура бурого морского петушка *Alectrias alectrolophus* (Stichaeidae) Авачинской губы (восточная Камчатка). *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 40. С. 77–85. DOI: 10.17217/2079-0333-2017-40-77-85.

Мурашева М.Ю., Токранов А.М. 2019. Особенности питания бурого морского петушка *Alectrias alectrolophus* (Stichaeidae) в Авачинской губе (Восточная Камчатка). *Вопросы ихтиологии.* Т. 59. № 1. С. 54–59. DOI: 10.1134/S0042875219010089.

Парин Н.В., Евсеенко С.А., Васильева Е.Д. 2014. Рыбы морей России: аннотированный каталог. Москва: Товарищество научных изданий КМК. 733 с.

Токранов А.М., Мурашева М.Ю. 2018. Ихтиофауна литорали Авачинской губы (Юго-Восточная Камчатка). *Вопросы ихтиологии.* Т. 58. № 4. С. 422–427. DOI: 10.1134/S0042875218040161.

Токранов А.М., Мурашева М.Ю. 2022. Биологическая характеристика сеголеток бурого морского петушка *Alectrias alectrolophus* (Stichaeidae) в приливно-отливной зоне Авачинской губы (Юго-Восточная Камчатка). *Труды Международной научно-практической конференции* «Морские исследования и образование (Maresedu-2022)». Тверь: ООО «ПолиПРЕСС». Т. III (IV). С. 64–67.

Токранов А.М., Шейко Б.А. 2015. Современный состав ихтиофауны Авачинской губы (Юго-Восточная Камчатка). *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана.* Вып. 36. С. 48–54. DOI: 10.15853/2072-8212.2015.36.48-54.

Федоров В.В., Черешнев И.А., Назаркин М.В., Шестаков А.В., Волобуев В.В. 2003. Каталог морских и пресноводных рыб северной части Охотского моря. Владивосток: Дальнаука. 204 с.

Цурпало А.П. 1993. Трофические характеристики литоральных рыб *Alectrias alectrolophus* и *Stichaeopsis nana* (Stichaeidae) о-ва Шикотан (Курильские острова). *Вопросы ихтиологии.* Т. 33. Вып. 2. С. 309–312.

Чегодаева Е.А. 2005. Новые данные по морфологии и биологии морского петушка *Alectrias alectrolophus* (Stichaeidae) Тауйской губы Охотского моря. *Материалы научной конференции* «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 164–168.

Черешнев И.А., Волобуев В.В., Хованский И.Е., Шестаков А.В. 2001. Прибрежные рыбы северной части Охотского моря. Владивосток: Дальнаука. 197 с.

Шейко Б.А., Федоров В.В. 2000. Класс Cephalaspidomorphi – Миноги. Класс Chondrichthyes – Хрящевые рыбы. Класс Holocephali – Цельноголовые. Класс Osteichthyes – Костные рыбы. В кн.: Каталог позвоночных животных Камчатки и сопредельных морских акваторий. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 7–69.

Mecklenburg C.W., Mecklenburg T.A., Thorsteinson L.K. 2002. Fishes of Alaska. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society. XXXVII. 1037 p. 40 Pl.

Popov A.M. 1933. Fishes of Avatcha Bay on the Southern Coast of Kamtchatka. *Copeia*. № 2. P. 59–67.

REFERENCES

Andriyashev A.P. 1954. Fishes of Northern Seas of USSR. Moscow – Leningrad: Akademya Nauk SSSR Publ. 566 p. (in Russian).

Boretz L.A. 2000. Annotated checklist of fishes of Far Eastern Seas. Vladivostok: TINRO-Center. 192 p. (in Russian).

Vinogradov K.A. 1946. Fauna of near Kamchatka waters of Pacific Ocean. *Doctoral dissertation for biological sciences.* Leningrad. 783 p. (in Russian).

Kolpakov E.V., Milovankin P.G. 2014. Size-age structure, growth, and feeding of stone cockscomb *Alectrias alectrolophus* (Pisces: Stichaeidae) from Olga bay of the Sea of Japan. *Voprosy ichthiologii (Journal of Ichthyology)*. Vol. 54. № 5. P. 372–376. DOI: 10.1134/S0032945214030084 (in Russian).

Lakin G.F. 1980. Biometry. Moscow: Vysshaja shkola Publ. 292 p. (in Russian).

Methodological manual for analysis of feeding and food relations of fishes in natural conditions. 1974. Moscow: Nauka Publ. 254 p. (in Russian).

Murasheva M.Yu., Tokranov A.M. 2017. Size-age structure of *Alectrias alectrolophus* (Stichaeidae) from Avacha Bay (Eastern Kamchatka). *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 40. P. 77–85. DOI: 10.17217/2079-0333-2017-40-77-85 (in Russian).

Murasheva M.Yu., Tokranov A.M. 2019. Peculiarities of stone cockscomb *Alectrias alectrolophus* (Stichaeidae) diet in Avacha Bay (Eastern Kamchatka). *Voprosy ichthiologii (Journal of Ichthyology)*. Vol. 59. № 1. P. 54–59. DOI: 10.1134/S0032945219010089 (in Russian).

Parin N.V., Evseenko S.A., Vasil'eva E.D. 2014. Fishes of Russian Seas: annotated catalogue. Moscow: KMK Scientific Press Publ. 733 p. (in Russian).

Tokranov A.M., Murasheva M.Yu. 2018. Ichthyofauna in the intertidal zone of Avacha Bay (southeastern Kamchatka). *Voprosy ichthiologii (Journal of Ichthyology)*. Vol. 58. № 4. P. 422–427. DOI: 10.1134/S0042875218040161 (in Russian).

Tokranov A.M., Murasheva M.Yu. 2022. Biological characteristics of the juveniles of stone cockscomb *Alectrias alectrolophus* (Stichaeidae) in the intertidal zone of the Avacha Bay (South-Eastern Kamchatka). *Proceedings of International scientific and practical conference* "Marine research and education (Maresedu-2022)". Tver: PolyPress Publ. Vol. III (IV). P. 64–67 (in Russian).

Tokranov A.M., Sheiko B.A. 2015. Modern composition of ichthyofauna of Avacha Bay (southeastern Kamchatka). *Issledovanija vodnyh biologicheskih resursov Kamchatki i severo-zapadnoj chasti Tihogo okeana (The Research of Water Biological Resources of Kamchatka and of The Northwestern Part of Pacific Ocean).* № 36. P. 48–54. DOI: 10.15853/2072-8212.2015.36.48-54 (in Russian).

Fedorov V.V., Chereshnev I.A., Nazarkin M.V., Shestakov A.V., Volobuev V.V. 2003. Catalog of marine and freshwater fish of the northern part of the Sea of Okhotsk. Vladivostok: Dal'nauka Publ. 204 p. (in Russian).

Tsurpalo A.P. 1993. Trophic characteristic of littoral fishes *Alectrias alectrolophus* and *Stichaeopsis nana* (Stichaeidae) from Shikotan Island (Kuril Island). *Voprosy ichthiologii (Journal of Ichthyology)*. Vol. 33. № 2. P. 309–312 (in Russian).

Chegodaeva E.A. 2005. New data on morphology and biology of the stone cockscomb *Alectrias alectrolophus* (Stichaeidae) of Taui Bay (Sea of Okhotsk). *Proceedings of scientific conference* "Conservation of biological diversity of Kamchatka and adjacent seas". Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 164–168 (in Russian).

Chereshnev I.A., Volobuev V.V., Khovanskii I.E., Shestakov A.V. 2001. Coastal fish of the northern part of the Sea of Okhotsk. Vladivostok: Dal'nauka Publ. 197 p. (in Russian).

Sheiko B.A., Fedorov V.V. 2000. Chapter 1. Class Cephalospidomorphi. Class Chondichthyes. Class Holocephali. Class Osteichthyes. In: Catalogue of vertebrates of Kamchatka and adjacent marine basins. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatsky Pechatnij Dvor. P. 7–69 (in Russian).

Mecklenburg C.W., Mecklenburg T.A., Thorsteinson L.K. 2002. Fishes of Alaska. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society. XXXVII. 1037 p. 40 Pl.

Popov A.M. 1933. Fishes of Avatcha Bay on the Southern Coast of Kamtchatka. *Copeia*. № 2. P. 59–67.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Токранов Алексей Михайлович – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской Академии наук; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский, доктор биологических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории гидробиологии, tok_50@mail.ru. SPIN-код: 9756-8561, Author ID: 93184; Scopus ID: 6603388324; ORCID: 0000-0001-6124-578X.

Tokranov Alexey Mikhailovich – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of Far-Eastern Branch of Russian Academy of Sciences; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher, Chief Researcher, Head of Hydrobiology Laboratory, tok_50@mail.ru. SPIN-code: 9756-8561, Author ID: 93184; Scopus ID: 6603388324; ORCID: 0000-0001-6124-578X.

Железняк Мария Юрьевна – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской Академии наук; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский, младший научный сотрудник лаборатории гидробиологии, griseovulpes@yandex.ru. SPIN-код: 7864-8657, Author ID: 859905.

Zheleznyak Marya Yurievna – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of Far-Eastern Branch of Russian Academy of Sciences; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Junior Researcher of Hydrobiology Laboratory, griseovulpes@yandex.ru. SPIN-code: 7864-8657, Author ID: 859905.

ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ РУКОПИСЕЙ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ВЕСТНИК КАМЧАТГТУ»

Журнал «Вестник КамчатГТУ» выпускается четыре раза в год и публикует результаты научных исследований по направлениям:

1.5.12. Зоология (биологические науки)
1.5.15. Экология (биологические науки)
1.5.16. Гидробиология (биологические науки)
1.5.20. Биологические ресурсы (биологические науки)
2.2.4. Приборы и методы измерения (по видам измерений) (технические науки)
2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки)
2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы (физико-математические науки)
4.3.3. Пищевые системы (биологические и технические науки)
4.3.5. Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ (технические науки)

В рамках общих направлений предпочтения отдается следующим профилям:

– научно-информационное обеспечение развития технических систем, контроля природной среды и использования природных ресурсов;

– аквакультура и охрана водных биологических ресурсов и среды их обитания, воздействие природных и антропогенных факторов на состояние водных экосистем;

– пищевые технологии и рыбоперерабатывающая техника.

Редакция оставляет за собой право отклонять статьи, не соответствующие профилю журнала.

В журнале печатаются результаты, ранее не опубликованные и не предназначенные к одновременной публикации в других изданиях.

Работа должна соответствовать указанным выше направлениям, обладать несомненной новизной, иметь теоретическую и практическую значимость. Рукописи статей должны быть подготовлены на высоком научном уровне и содержать результаты исследований по соответствующей проблематике. Материалы исследований, присланные в журнал, не должны содержать заимствований из работ, принадлежащих другим ученым. Ссылки на исследования других специалистов даются в порядке, определенном традициями научного сообщества.

Рукописи должны быть оформлены в соответствии с правилами оформления, принятыми в журнале. Журнал публикует статьи на русском и английском языках.

Направление рукописей

Рукописи статей в электронном виде направляются в редакцию журнала по адресу: vestnik@kamchatgtu.ru. Название файла должно содержать фамилию автора статьи.

К рукописи статьи в электронном виде (скан-копии) должны быть приложены:

– анкета-заявка на опубликование. Если у статьи несколько авторов, то сведения предоставляются полностью о каждом из них, указывается автор для переписки с редакцией (Приложение 1);

– согласие автора о передаче права на публикацию рукописи и распространение в российских и международных электронных базах данных (Приложение 2);

– согласие автора на обработку и передачу персональных данных (Приложение 3);

– акт экспертизы / экспертное заключение в форме, принятой в направляющей организации;

– разрешение на опубликование материалов от организации, в которой работает автор с подписью руководителя и печатью организации (для внешних авторов).

Рецензирование рукописей

Издание осуществляет рецензирование всех поступающих в редакцию материалов, соответствующих ее тематике, с целью их экспертной оценки. Статьи, присланные в журнал, проходят предварительное (общий допуск) и профильное (официальная рецензия) рецензирование. Вопрос об опубликовании рукописи, ее отклонении решает редакционная коллегия журнала.

Рецензентами журнала являются высококвалифицированные специалисты, имеющие степень доктора или кандидата наук и научные публикации в областях наук по профилю рецензирования.

Рукопись, получившая положительную оценку рецензентов, принимается к опубликованию в журнале на заседании редколлегии журнала.

Рукопись, получившая рекомендации по доработке, отправляется авторам. Исправленная рукопись проходит повторное рецензирование.

В случае получения отрицательной рецензии на рукопись автор получает мотивированный отказ в опубликовании. Решение редколлегии о принятии статьи к печати или ее отклонении сообщается авторам.

Редколлегия оставляет за собой право отклонить материал без указания причин. Отклоненные рукописи авторам не возвращаются.

Рецензии хранятся в редакции журнала в течение 5 лет. При поступлении в редакцию соответствующего запроса редакция издания направляет копии рецензий в Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Опубликование рукописей

Каждый номер научного журнала комплектуется из рукописей статей, прошедших рецензирование и принятых к опубликованию решением редакционной коллегии с учетом очередности поступления рукописи, ее объема и наполненности разделов.

Преимущественное право на публикацию имеют сотрудники КамчатГТУ, аспиранты, завершающие обучение в аспирантуре, и лица, выходящие на защиту диссертации в ближайшее время.

Автор может опубликовать в одном номере журнала не более одной статьи в качестве единственного автора.

Плата за публикации рукописей не взимается. Гонорар за публикации не выплачивается.

Полнотекстовые электронные версии выпусков журналов размещаются на сайте КамчатГТУ (http://www.kamchatgtu.ru), в Научной электронной библиотеке (НЭБ) (http://elibrary.ru).

Печатная версия журнала высылается по всем обязательным адресам рассылки.

Аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах размещаются в свободном доступе на сайте журнала, в электронных системах цитирования (базах данных) на русском и английском языках.

Приложение 1

Анкета-заявка

Полные Ф. И. О.	На русском и английском языках
Название статьи	На русском и английском языках
Ученая степень	На русском и английском языках
Ученое звание	На русском и английском языках
Должность (с указанием структурного подразделения)	На русском и английском языках
Место работы	На русском и английском языках
Адрес места работы (обязательно указать индекс)	На русском и английском языках
Членство в академиях (РАЕН, РАН, МАНЭБ, Военная и др.)	На русском и английском языках
Номера телефонов (мобильный, служебный, домашний)	
Адрес электронной почты (e-mail)	

Приложение 2

Согласие автора
о передаче права на публикацию рукописи в научном журнале
«Вестник Камчатского государственного технического университета»
и распространение в российских и международных электронных базах данных

Я, нижеподписавшийся, _____
(Ф. И. О. автора)

автор рукописи_____
_____
_____
_____
(название рукописи)

передаю на безвозмездной основе редакции научного журнала «**Вестник Камчатского государственного технического университета**» неисключительное право на опубликование этой рукописи статьи (далее – Произведение) в печатной и электронной версиях научного журнала «**Вестник Камчатского государственного технического университета**», а также на распространение Произведения путем размещения его электронной копии в базе данных «Научная электронная библиотека» («НЭБ»), представленной в виде информационного ресурса сети Интернет elibrary.ru. Территория, на которой допускается использование вышеуказанных прав на Произведение, не ограничена.

Я подтверждаю, что указанное Произведение нигде ранее не было опубликовано.

Я подтверждаю, что данная публикация не нарушает авторские права других лиц или организаций.

С правилами представления статей в редакцию научного журнала «**Вестник Камчатского государственного технического университета**» согласен / согласна.

_____ _____

наименование организации | должность | дата | подпись | расшифровка подписи

Приложение 3

Согласие на публикацию
и обработку персональных данных
авторов научного журнала Вестник КамчатГТУ

Я, _____, в соответствии с требованиями статьи 9 Федерального закона от 27.07.2006 г. №152-ФЗ «О персональных данных» даю согласие на обработку моих персональных данных издателю – ФГБОУ ВО «КамчатГТУ», расположенному по адресу: 683003, Камчатский край, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, д. 35, ИНН 4100001140, ОГРН 1024101031790, в рамках процесса опубликования моей статьи в научном журнале «Вестник КамчатГТУ». Представленная статья не публиковалась ранее в других изданиях и не находится на рассмотрении в редакциях других издательств. Все возможные конфликты интересов, связанные с авторскими правами и опубликованием рассматриваемой статьи, урегулированы. Публикация статьи не нарушает авторские права третьих лиц.

Подтверждаю свое согласие на опубликование и размещение полнотекстовой версии статьи и своих персональных данных (фамилия, имя, отчество; сведения о месте работы и занимаемой должности; учёная степень (учёное звание); электронная почта, контактный телефон и другие предоставляемые мной в рамках статьи данные) в открытом доступе на сайте ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» (www.kamchatgtu.ru), Научной электронной библиотеки (www.elibrary.ru), в иных базах данных научной информации, электронно-библиотечных системах, научных информационных ресурсах в сети Интернет и доведения до всеобщего сведения, обработки и систематизации в других базах цитирования, а также для включения в аналитические и статистические отчетности без ограничения по сроку.

_____ (подпись)

_____ (Ф. И. О. автора)

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ СТАТЕЙ

Объем

Объем содержательной части рукописи статьи (введение, материалы и методы, результаты и обсуждение, заключение) – не менее 5 страниц (без учёта таблиц, рисунков и списка литературы) для оригинальных статей и не более 24 страниц – для статей-ревизий.

Рекомендуемая структура

Статья должна быть структурирована и включать следующие разделы: введение, материалы и методы, результаты и обсуждение, заключение, литература.

Правила набора

Текстовый редактор – Microsoft Word, шрифт – Times New Roman; размер шрифта: основной – 11,5, вспомогательный – 10,5; абзацный отступ – 0,7 см; междустрочный интервал (множитель) – 1,2. Поля: верхнее – 20 мм, нижнее – 20 мм, правое – 20 мм, левое – 20 мм.

Начало статьи

Через один межстрочный интервал последовательно приводятся следующие сведения:

– индекс универсальной десятичной классификации (УДК), выровненный влево (шрифт 11,5);

на русском языке указываются:

– название статьи прописными (заглавными) полужирными буквами, без переносов, с выравниванием по центру (шрифт 11,5; междустрочный интервал – 1);

– фамилии и инициалы авторов последовательно с выравниванием по левому краю без абзацного отступа (шрифт 11,5; междустрочный интервал – 1);

– название организации, в которой работают авторы, адрес организации (с выравниванием по ширине полосы без абзацного отступа, шрифт 11,5; междустрочный интервал – 1);

– текст краткой аннотации (не менее 75 и не более 120 слов), выровненный по ширине полосы без абзацного отступа (шрифт 10,5; междустрочный интервал – 1); аннотация должна содержать краткое изложение проблемы, указание на технологию или методы исследования, результаты исследования с акцентом на их новизну;

– ключевые слова (не более 10 слов), выровненные по ширине полосы без абзацного отступа (шрифт 10,5, междустрочный интервал – 1);

далее на английском языке через один межстрочный интервал указываются:

– название статьи прописными (заглавными) полужирными буквами, без переносов, с выравниванием по центру (шрифт 11,5; междустрочный интервал – 1);

– фамилии и инициалы авторов последовательно с выравниванием по левому краю без абзацного отступа (шрифт 11,5; междустрочный интервал – 1);

– название организации, в которой работают авторы, адрес организации (с выравниванием по ширине полосы без абзацного отступа, шрифт 11,5; междустрочный интервал – 1);

– текст краткой аннотации, выровненный по ширине полосы без абзацного отступа (шрифт 10,5; междустрочный интервал – 1);

– ключевые слова (не более 10 слов), выровненные по ширине полосы без абзацного отступа (шрифт 10,5; междустрочный интервал – 1).

Образец оформления начала статьи

УДК ….

ДЕСТРУКЦИЯ ТКАНЕЙ БУРОЙ ВОДОРОСЛИ *SACCHARINA BONGARDIANA* В ПРОЦЕССЕ ТЕРМОЩЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ БИОГЕЛЯ

Иванов А.А.[1], Петрова А.А.[2]

[1] Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35.
[2] Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва, ул. Красносельская, 17.

Saccharina bongardiana – один из самых массовых видов ламинариевых водорослей камчатского шельфа, характеризующийся широкой экологической пластичностью и морфологической изменчивостью. В работе описаны отличия его морфогенеза и биологии развития от таковых у других камчатских представителей рода *Saccharina* и близкого к нему рода *Laminaria*, рассмотрены особенности внутреннего строения, позволяющие данному виду осваивать литоральную зону шельфа, противостоять воздействию неблагоприятных факторов. Описан разработанный авторами метод контроля процесса деструкции тканей, происходящий под воздействием термощелочной обработки в процессе получения биогеля из этого вида водорослей.

Ключевые слова: *Saccharina bongardiana*, биология развития, морфогенез, водорослевый биогель, термощелочная обработка, деструкция ткани.

TISSUE DESTRUCTION IN THE BROWN ALGA, *SACCHARINA BONGARDIANA*, DURING THE PROCESS OF THERMAL-ALKALIN TREATMENT WHEN PRODUCING BIOGEL

Ivanov A.A.[1], Petrova A.A.[2]

[1] Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Klyuchevskaya Str. 35.
[2] Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Krasnoselskaya Str. 17.

Saccharina bongardiana is one of the most widespread kelp species in Kamchatka, which is characterized by a broad ecological plasticity and morphological variability. We describe differences in its morphogenesis and developmental biology from the other *Saccharina* and *Laminaria* species from Kamchatka, and features of its internal structure that allow this species to develop in the tidal zone and withstand the effects of adverse environmental factors. The method developed by the authors to control the process of *S. bongardiana* tissue destruction occurring in the process of thermo-alkaline treatment when producing biogel from this alga is described.

Key words: *Saccharina bongardiana*, developmental biology, morphogenesis, algal biogel, thermo-alkaline treatment, tissue destruction.

Текст статьи

Основной размер шрифта текста статьи – 11,5; междустрочный интервал (множитель) – 1,2; абзацный отступ – 0,7 см.

Структурные элементы статьи (**введение, материалы и методы, результаты и обсуждение, заключение, литература**) должны быть приведены прописными (заглавными) полужирными буквами с выравниванием по центру.

Ссылки на литературу в тексте должны быть приведены в квадратных скобках с указанием фамилии автора (-ов) и через запятую – года выпуска научного издания (в порядке возрастания года издания; например, [Иванов, 1974; Петров, 1995; Абрамов, 2010]).

Ссылки на рисунки и таблицы должны быть приведены в тексте, при этом сами рисунки и таблицы – в конце статьи (после литературы и информации об авторах) с обязательным переводом названий таблиц и подрисуночных подписей на английский язык.

Все рисунки, кроме единственного, нумеруются. Рисунки должны быть четкими, обозначения и надписи читаемыми. Номер рисунка и подпись к нему печатаются шрифтом 10,5 размера, междустрочный интервал – 1 с выравниванием по ширине полосы без абзацного отступа (выносятся отдельно от рисунка для возможности редактирования). ***Дополнительно к комплекту документов должны быть приложены файлы рисунков в формате jpg с разрешением не менее 300 dpi.***

Все таблицы, кроме единственной, нумеруются. Номер таблицы и подпись к нему печатаются 10,5 шрифтом, междустрочный интервал – 1 с выравниванием по ширине полосы без абзацного отступа.

Математические, физические и химические формулы следует набирать в редакторе Microsoft Equation Editor. Все формулы, на которые есть ссылки в тексте, нумеруются, и ссылки на них приводятся в круглых скобках. Формулы выносятся отдельной строкой. Номер формулы вводится в круглые скобки и выравнивается по правому краю.

Образец оформления текста статьи

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время известно, что бурые, главным образом ламинариевые водоросли являются источником получения веществ …... [Ковалева, 2000; Липатов, 2004; Разумов и др., 2004; Талабаева, 2006; Конева, 2009; Вафина, 2010].

……

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

……

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Внутреннее строение *S. bongardiana* подвержено …… (рис. 1).

…….

Описанная выше последовательность мацерации тканей *S. bongardiana* показана на рисунке 2.

Представленная таблица показывает стадии процесса деструкции …….
……

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показывает, что ……

Образец оформления формул

Полученные из опыта значения коэффициентов передач по каждому из каналов $K1(y_j)$ и $K2(y_j)$ соответственно удовлетворяют неравенствам:

$$\begin{aligned} -1 \le K1(y_j) \le 1, \\ -1 \le K2(y_j) \le 1. \end{aligned} \qquad (1)$$

Учитывая более жесткие ограничения (1), получим систему неравенств:

$$\begin{aligned} K1(y_j \min) \le K1(y_j) \le K1(y_j \max), \\ K1(y_j \min) \le K1(y_j) \le K1(y_j \max). \end{aligned} \qquad (2)$$

При построении семейства характеристик $K1_j = f(K2_j)$ учет неравенств (9) приведет к ограничению изобарных кривых с обеих сторон и выделению отрезков кривых, пересекающихся в исходной рабочей точке, соответствующей номинальным значениям $y_j^{н}(x)$.

Оформление литературы

Список литературы приводится последовательно на русском и английском языках и оформляется по алфавиту ***строго в соответствии с образцом, представленным ниже, с выступом 0,7 см без нумерации.***

Образец оформления литературы

ЛИТЕРАТУРА

Алфимов Н.Н., Петров Ю.Е. 1972. О биологических и биохимических особенностях некоторых ламинариевых и фукусовых водорослей (Phaeophyta) острова Беринга (Командорские острова). *Ботанический журнал*. Т. 57. № 6. С. 697–700.

Аминина Н.М., Клочкова Н.Г. 2002. Перспективы развития производства по переработке водорослей на побережье Камчатки. *Рыболовство России.* № 1. С. 54–56.

Богданов В.Д., Сафронова Т.М. 1993. Структурообразователи и рыбные композиции. Москва: ВНИРО. 172 с.

Вафина Л.Х. 2010. Обоснование комплексной технологии переработки бурых водорослей (Phaeophyta) при получении функциональных пищевых продуктов. *Диссертация ... канд. техн. наук.* М. 280 с.

Вишневская Т.Н., Саяпина Т.А., Аминина Н.М. 1999. Химический состав и перспективы использования экстрактов из бурых водорослей. *Тезисы докладов Российской научной конференции* «Новые биомедицинские технологии с использованием биологически активных добавок». Владивосток. С. 10–12.

Вялков А.Н., Козлов В.К., Бобровницкий А.И., Михайлов В.И., Подкорытова А.В., Одинец А.Г., Супрун С.В., Тулупов А.М. 2008. Морские водоросли в восстановительной медицине, комплексной терапии заболеваний с нарушением метаболизма. Москва: МДВ. 156 с.

Зацепина А.Н., Бессонова А.Д. 2016. Обоснование технологии получения продуктов из бурых водорослей. *Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции* «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование». С. 115–119.

Иванюшина Е.А., Жигадлова Г.Г. 1994. Биология ламинарии *Laminaria bongardiana* на литорали острова Беринга (Командорские острова). *Биология моря*. Т. 20. № 5. С. 374–380.

Огородников В.С. 2007. Водоросли-макрофиты Северных Курильских островов. *Автореферат диссертации ... канд. биол. наук.* Петропавловск-Камчатский. 25 с.

Патент № 2041656 РФ. Способ получения пищевого полуфабриката из ламинариевых водорослей. *Тихоокеанский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии* (Подкорытова А.В., Ковалева Е.А., Аминина Н.М.).

Пьянкова А.С. 2012. Получение и использование полисахаридов бурых водорослей. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 20. С. 62–66.

REFERENCES

Alfimov N.N., Petrov Yu.E. 1972. On the biological and biochemical characteristics of some kelp and fucalean algae (Phaeophyta) of Bering Island (Commander Islands). *Botanicheskiy zhurnal (Botanical Journal).* Vol. 57. № 6. P. 697–700.

Aminina N.M., Klochkova N.G. 2002. Prospects for the development of algae processing on the coast of Kamchatka. *Ryibolovstvo Rossii (Rissian Fishery).* № 1. P. 54–56.

Bogdanov V.D., Safronova T.M. 1993. Structuring agents and fish compositions. Moscow: VNIRO-press. 172 p.

Vafina L.H. 2010. Justification of the integrated technology for processing of the brown algae (Phaeophyta) in obtaining functional food products. *Candidacy dissertation for technical sciences.* Moscow. 280 p.

Vishnevskaya T.N., Sayapina T.A., Aminina N.M. 1999. Chemical composition and prospects of using extracts from the brown algae. *Proceedings of Russian scientific conference* “New biomedical technologies using biologically active additives”. Vladivostok. P. 10–12.

Vyalkov A.N., Kozlov V.K., Bobrovnitskiy A.I. et al. 2008. Seaweed in rehabilitation medicine, complex therapy of metabolic diseases. Moscow: MDV. 156 p.

Zatsepina A.N., Bessonova A.D. 2016. Justification of technology for obtaining products from brown algae. *Proceedings of National (All-Russian) scientific and practical conference* “Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use”. P. 115–119.

Ivanyushina E.A., Zhigadlova G.G. 1994. Biology of the kelp species *Laminaria bongardiana* from the tidal zone of Bering Island (Commander Islands). *Biologiya morya (Marine Biology).* Vol. 20. № 5. P. 374–380.

Ogorodnikov B.C. 2007. Algae-macrophytes from the Northern Kuril Islands. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences.* Petropavlovsk-Kamchatsky. 25 p.

Patent № 2041656 RF. Method of obtaining a food semi-finished product from the laminariacean algae. *Pacific Fisheries and Oceanography Research Institute* (Podkoryitova A.V., Kovaleva E.A., Aminina N.M.).

Pyancova A.S. 2012. Production and utilization of brown algae polysacharides. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University).* № 20. P. 62–66.

Информация об авторах

Информация обо всех авторах размещается в конце статьи (после литературы) и приводится последовательно на русском и английском языках по схеме: фамилия, имя, отчество автора; название организации, индекс, страна, город; степень, звание, должность; электронный адрес (шрифт – 10,5; междустрочный интервал – 1; абзацный отступ – 0,7 см), идентификационные номера авторов в базах данных научного цитирования. ***Дополнительно к комплекту документов должны быть приложены файлы-скриншоты с личного кабинета автора на сайте e-library с указанием SPIN-кода (для его подтверждения), а также при наличии – файлы-скриншоты ID-автора с сайта международной базы научного цитирования Scopus.***

Образец оформления информации об авторах

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Клочкова Татьяна Андреевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук, профессор кафедры «Экология и природопользование»; tatyana_algae@mail.ru. SPIN-код: 7534-7736, Author ID: 664379; Scopus ID: 12792241800.

Klochkova Tatyana Andreevna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences; Professor of Ecology and Nature Management Chair; tatyana_algae@mail.ru. SPIN-code: 7534-7736, Author ID: 664379; Scopus ID: 12792241800.

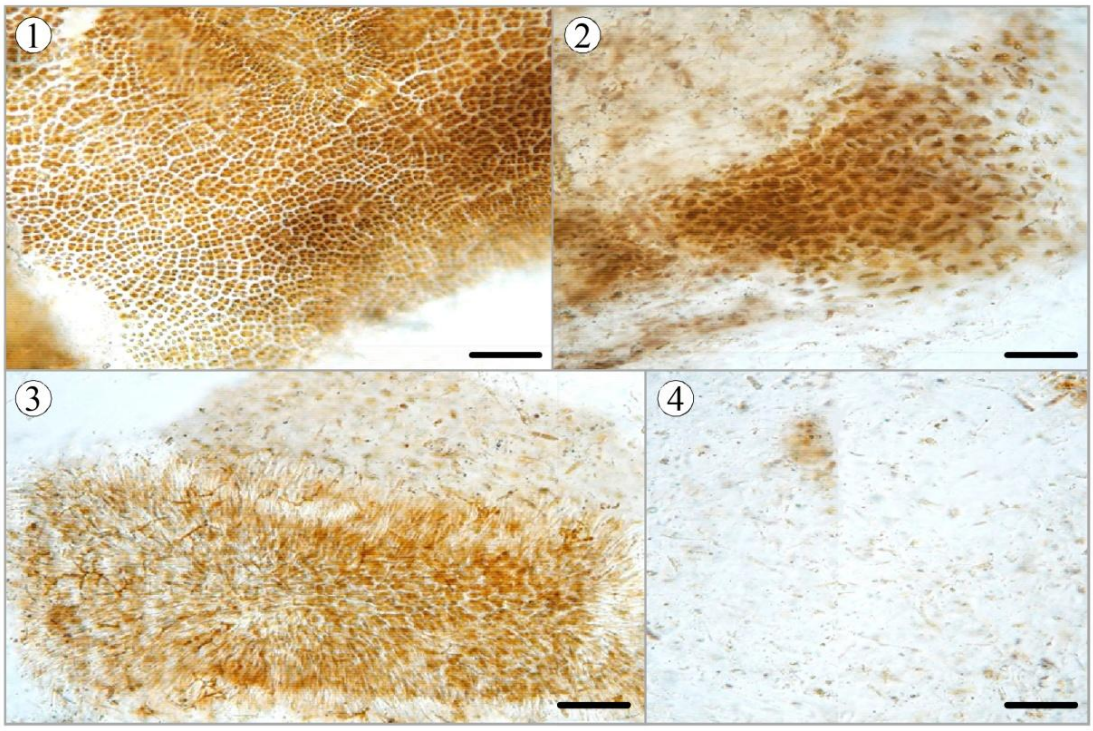

Рис. 1. Последовательность мацерации тканей *Saccharina bongardiana*: *1* – разделение дорсальной и вентральной половин слоевища и разрыхление корового слоя; *2* – разрыхление и дезинтеграция клеток меристодермы и медуллярной ткани; *3* – фрагмент соруса спорангиев с дезинтегрированными зооспорангиями и парафизами; *4* – мазок водорослевого биогеля в конце варки. Видны разрушенные нити сердцевины, отдельные парафизы и зооспорангии, небольшие скопления клеток меристодермы. Масштаб: 100 мкм (*1, 3, 4*), 50 мкм (*2*)

Fig. 1. The sequence of *Saccharina bongardiana* tissue maceration process: *1* – separation of the dorsal and ventral halves of the thallus and loosening of the cortical layer; *2* – loosening and disintegration of the meristoderm cells and medullar tissue; *3* – fragment of sporangial sori with disintegrated zoosporangia and paraphyses; *4* – smear of the algal biogel at the end of preparation. Broken filaments of the medullar tissue, individual paraphyses and zoosporangia, small clusters of meristoderm cells are visible. Scale: 100 µm (*1, 3, 4*), 50 µm (*2*)

Таблица 1. Мацерация дробленой *Saccharina bongardiana* в процессе ее термощелочной обработки

Table 1. Maceration of shredded *Saccharina bongardiana* thalli during thermo-alkaline treatment

Этап варки	Время варки (минут)	Средние размеры частиц (мм)	Характеристика изменений
1	10	4,01	Частицы плотные, целостные, без разделения на дорсальную и вентральную части
2	20	3,82	Частицы с начавшимся разделением на дорсальную и вентральную части. Наблюдается дробление крупных частиц
3	25	3,05	Продолжающийся процесс разрушения крупных частиц и расслоения пластины
4	30	2,6	Полное расслоение пластины, дезинтеграция клеток подкорки и сердцевины, дробление пластинок из коровой ткани и меристодермы
5	40	1,98	Продолжающаяся фрагментация частиц водорослей, разрыхление частиц, увеличение вязкости биогеля
6	50	0,83	Сильное набухание оставшихся частиц водорослей, почти полное разрушение оболочек клеток подкорки и меристодермы, увеличение вязкости биогеля

Учредитель:
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Камчатский государственный технический университет»

Издание зарегистрировано в Управлении Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций по Камчатскому краю
Регистрационный номер ПИ № ТУ41-00321 от 01 декабря 2020 года

Главный редактор Т.А. Клочкова

Редактор О.В. Ольхина
Верстка, оригинал-макет Е.Е. Бабух

Адрес редакции, издателя:

683003, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35
Тел. (4152) 300-953. Факс (4152) 42-05-01
E-mail: kamchatgtu@kamchatgtu.ru
www.kamchatgtu.ru

Дата выхода в свет 30.06.2023 г.
Формат 60*84/8. Печать цифровая. Гарнитура Times New Roman
Авт. л. 6,60. Уч.-изд. л. 8,39. Усл. печ. л. 12,32
Тираж 500 экз. Заказ № КП23-003276

Подписной индекс в каталоге «Почта России» ПН093

Цена свободная

Отпечатано в ООО «Камчатпресс»
683017, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Кроноцкая, 12а

ISSN 2079-0333