

ISSN 2079-0333

**ВЕСТНИК
Камчатского
государственного
технического
университета**



Научный
журнал

Основан в 2002 г.

16+

ВЫПУСК

65

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

65

2023

Петропавловск-Камчатский

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ключкова 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
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 космических 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
Ключкова 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 космических 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

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
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

Содержание

РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Чмыхалова В.Б., Чмыхалов Б.А., Ефимова М.В., Ефимов А.А.

Рыбные снеки на основе вторичного высокоминерализованного сырья
как перспективная составляющая ассортимента снековой продукции6

Полосков Д.А., Добрынина Е.В., Владыкина Т.В., Ковалева Е.Д.

Безопасность применения дальневосточного растительного сырья
в производстве чайных напитков.....18

РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Перервенко О.В., Меджидова Х.М., Клочкова Н.Г.

Модуляция фагоцитарной активности нейтрофилов
препаратами из камчатских бурых водорослей29

Седова Н.А.

Морфология личинок *Spirontocaris intermedia* Makarov, Kobjakova, 1936
(Decapoda, Thoridae) из прикамчатских вод41

Асочаков А.А.

Оценка степени влияния спирта в качестве фиксирующего раствора
на массу тела бокоплавов (Crustacea, Amphipoda)62

Артюхин Ю.Б.

Население морских птиц на траловом промысле минтая
в тихоокеанских водах Камчатки и Северных Курильских островов
в позднеосенний период71

Лобков Е.Г.

Ревизия фауны птиц Долины гейзеров на Камчатке:
видовой состав, особенности экологии.....87

Литвиненко А.В., Салимзянова К.Р., Христофорова Н.К.,

Данилин Д.Д., Цыганков В.Ю.

Половые различия в содержании микроэлементов в органах и тканях нерки
из восточных заливов полуострова Камчатка111

Правила направления, рецензирования и опубликования рукописей статей.....123

Contents

SECTION I. TECHNICAL SCIENCES

Chmykhalova V.B., Chmykhalov B.A., Efimova M.V., Efimov A.A. Fish snacks based on secondary highly mineralized raw materials as a promising component of the assortment snack products.....	6
Poloskov D.A., Dobrynina E.V., Vladykina T.V., Kovaleva E.D. Safety of application of the far eastern plant raw materials in tea drinks production	18

SECTION II. BIOLOGICAL SCIENCES

Perervenko O.V., Medzhidova Kh.M., Klochkova N.G. Modulation of neutrophils phagocytic activity using products manufactured from the brown algae from Kamchatka.....	29
Sedova N.A. Morphology of larvae of <i>Spirontocaris intermedia</i> Makarov, Kobjakova, 1936 (Decapoda, Thoridae) from the marine waters near Kamchatka.....	41
Asochakov A.A. Assessment of the effect of fixing solution on the body weight of amphipods (Crustacea, Amphipoda).....	62
Artukhin Yu.B. Population of seabirds in the pollock trawl fishery from the Pacific waters of Kamchatka and Northern Kuril Islands in late autumn season.....	71
Lobkov E.G. Revision of the bird fauna from the Valley of Geysers in Kamchatka: species composition, ecological features.....	87
Litvinenko A.V., Salimzyanova K.R., Khristoforova N.K., Danilin D.D., Tsygankov V.Yu. Gender differences in the content of trace elements in the organs and tissue of sockeye salmon from the eastern gulfs of Kamchatka peninsula.....	111
Regulations for manuscript preparation, review and publication.....	123

УДК 664.95: 664.956

DOI: 10.17217/2079-0333-2023-65-6-17

**РЫБНЫЕ СНЕКИ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО
ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННОГО СЫРЬЯ
КАК ПЕРСПЕКТИВНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ АССОРТИМЕНТА
СНЕКОВОЙ ПРОДУКЦИИ**

Чмыхалова В.Б., Чмыхалов Б.А., Ефимова М.В., Ефимов А.А.

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

В статье рассмотрены литературные данные о состоянии современного рынка снеков и аргументирована необходимость вывода на рынок продукции нового ассортимента, отвечающего представлениям о ЗОЖ. Высокоминерализованные отходы, образующиеся при разделке рыбы, являются перспективным сырьем, введение которого в пищевые композиции при производстве снеков обеспечит рациональное использование ресурсов, позволит выпускать недорогую продукцию функциональной направленности с пониженным содержанием соли, без химических консервантов, красителей, ароматизаторов, что обеспечит привлекательность снеков для потребителей. Приведены данные социологического исследования целевой аудитории потребителей продукции и анализ характеристик снеков из вторичного высокоминерализованного сырья (ВВС) в сравнении со снеками других видов. Произведен расчет пищевой и энергетической ценности снеков из ВВС, а также степени удовлетворения суточной потребности человека в основных веществах при употреблении 100 г продукции.

Ключевые слова: водные биоресурсы, вторичное высокоминерализованное рыбное сырье, пищевая ценность, снеки.

**FISH SNACKS BASED ON SECONDARY HIGHLY MINERALIZED RAW MATERIALS
AS A PROMISING COMPONENT OF THE ASSORTMENT SNACK PRODUCTS**

Chmykhalova V.B., Chmykhalov B.A., Efimova M.V., Efimov A.A.

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

In this paper, we discuss available references on the state of modern snack market and provide arguments for the need to bring new products to the market that meet the ideas of a healthy lifestyle. Highly mineralized waste, which is generated during fish cutting, is presented as a promising raw material. Its introduction to food compositions during production of snacks will ensure the rational use of resources, allow the production of inexpensive functional products with a reduced salt content, without chemical preservatives, dyes, flavorings, and ensure the attractiveness of snacks for consumers. Sociological study of the target audience of product consumers and analysis of the characteristics of snacks from secondary highly mineralized raw materials in comparison with snacks of other types are presented. The calculation of the nutritional and energy value of our snacks, as well as the degree of satisfaction of the daily human need for basic substances when using 100 g of products, was performed.

Key words: aquatic bioresources, secondary highly mineralized fish raw materials, nutritional value, snacks.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно данным материалов, подготовленных брендинговым агентством Depot, в 2022 г. ассортимент снеков на отечественном рынке насчитывал более 50 тыс. наименований. Это составило почти 200% по отношению к уровню 2021 г., что ярко характеризует рост фактического рынка. При этом в 2021 г. наша страна лидировала среди стран Европы в снекинге – темпы роста денежных продаж снеков увеличились на 2,7% по сравнению с продажами 2020 г., тогда как в других странах наблюдался спад по этому показателю, особенно в Бельгии (на 8%), Испании (на 6,1%) и Германии (на 5,5%) [Снеки..., 2023].

По расчетам Depot, 70% роста отечественного рынка снекинга обеспечивают такие категории снековой продукции, как сыр, мороженое, печенье, чипсы, шоколад, охлажденные десерты [Снеки..., 2023]. При этом, по данным Nielsen, Euromonitor, Alto Consulting Group, в 2022 г. доля злаковых снеков в объеме рынка России составила 8%, рыбных – 6%, мясных – 4%.

Значительное влияние на рынок снеков оказало снижение реальных доходов россиян в 2020 и 2022 гг., что привело, по данным BusinesStat, к перераспределению продаж между сегментами рынка – снизился спрос на «дорогие» снеки (орехи, сухофрукты, мясные и рыбные закуски) при росте востребованности достаточно бюджетной продукции (сухарики, семечки) [Анализ..., 2022].

Значительные изменения в структуре питания связаны с пандемией коронавируса. Из-за ограничений передвижения увеличилась популярность онлайн-шопинга, онлайн-кинотеатров и гейминга, домашнего просмотра фильмов, компьютерных игр. Эти виды активности оживили спрос на снеки, а после отмены ограничений, ве-

денных в период пандемии, многие сохранили вновь приобретенные пищевые привычки. В настоящее время, учитывая разнообразие категорий снековой продукции, целесообразно рассматривать ее как важную составляющую рациона человека [Снеки..., 2023].

В пищевых технологиях в качестве источника ценных ингредиентов, в том числе функциональной направленности, можно рассматривать водные биологические ресурсы – рыбу, беспозвоночных, водоросли. Однако большинство видов снеков из гидробионтов (так называемых морских, или рыбных, снеков) имеют такие недостатки, как довольно высокая стоимость, а также высокое содержание соли, избыток которой в организме человека способствует развитию заболеваний сердечно-сосудистой и опорно-двигательной систем. Причиной высокого уровня цен на морские снеки является использование, как правило, мышечной ткани гидробионтов, имеющей высокую стоимость, а также значительная доля импорта рыбной снековой продукции до 2023 г. [Основные факторы..., 2023]. Так, в общем объеме морских снеков, реализуемых в России, доля отечественной продукции составляла в среднем 46%, продукции из Китая – 27%, Таиланда – 11%, Вьетнама – 6%, Японии – 3%, из других стран – 7%.

Морские снеки, по данным ФГ «Финам» [Анализ..., 2022], «TGI Russia», составляют значительную долю от общего объема российского рынка снеков: в натуральном выражении – 7% (27 тыс. тонн), в стоимостном выражении – 10% (25 млрд руб.). При этом, согласно данным сайта Министерства рыбного хозяйства Камчатского края, объем краевого рынка снеков составляет в натуральном выражении 12,3% (3,3 тыс. тонн) от российского и в стоимостном – 16% (2,4 млрд руб.) [Итоги..., 2022]. В настоящее

время ассортимент морских снеков в мире достигает тысяч наименований [Снеки..., 2023]. Технологии продукции находятся в состоянии стремительного развития, появились разные виды снеков с улучшенными потребительскими характеристиками [Ярочкин, Бойцова, 2018], пониженным содержанием хлорида натрия [Патент 2157633 РФ], обогащенные биологически ценными нутриентами [Сидоров и др., 2004; Абрамова, 2005], изделия функциональной направленности [Патент 2503302 РФ; Патент 2504250 РФ]. Многие современные технологии снеков учитывают принцип рационального использования водных биологических ресурсов [Патент 2361461 РФ; Патент 2594533 РФ].

Большинство существующих технологий морских снеков предполагают длительный процесс и использование наиболее ценных частей тела рыбы, что ведет к увеличению стоимости готового продукта. Использование в ряде технологий химических добавок, применение процессов обжаривания и другой высокотемпературной обработки негативно влияет на полезные свойства продукта и его безопасность.

Актуальными и перспективными направлениями в производстве морских снеков являются расширение ассортимента продукции [Агунович, Чмыхалова, 2023], снижение массовой доли соли, рациональное использование основного сырья, а именно использование технологических условно непищевых отходов, образующихся при разделке рыбы, в качестве вторичных пищевых ресурсов. Высокая биологическая ценность последних обусловлена наличием полноценных белков, полиненасыщенных жирных кислот, липидов, микро- и макроэлементов, водо- и жирорастворимых витаминов, аминополисахаридов.

Целью настоящей работы является обоснование целесообразности и перспек-

тивности использования вторичного высокоминерализованного сырья (ВВС) – отходов, образующихся при разделке рыбы, в технологии снеков.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для оценки потребительской аудитории морских снеков авторами было проведено социологическое исследование населения г. Петропавловска-Камчатского методом опроса (в торговых центрах сети «Шамса», на постоянно действующих ярмарках товаропроизводителей Камчатского края, а также путем интернет-опроса работников сети общественного питания и производителей пищевой продукции). Объем выборки респондентов, формируемой простым случайным методом, составил 876 человек. При доверительной вероятности 95% вероятность ошибки составила 8,3%.

В качестве основного объекта исследования рассматривается снековая продукция, приготовленная по разработанной технологии [Чмыхалов и др., 2021]. Для изготовления снеков ВВС – хребты дальневосточных лососевых рыб с прирезами мышечной ткани, собранные в процессе филетирования, промывали в проточной воде с температурой не выше 10°C и оставляли для стекания влаги в течение 30 минут. Затем ВВС сушили при температуре 95–100°C в течение 49 часов с учетом часовых перерывов через каждые 4 часа сушки для перераспределения воды в сырье до приобретения костной тканью хрупкости. Высушенное и охлажденное до температуры окружающего воздуха ВВС измельчали до состояния тонкодисперсного порошка. Снековое «тесто» замешивали по следующей рецептуре (из расчета на 1 000 г теста): 578 г порошка ВВС, 10 г пищевой соли с пониженным содержанием натрия, гель, полученный при набухании

3 г пищевого агара в 409 г питьевой воды. Из теста формовали пласты толщиной 4–5 мм, порционировали на полоски размером 40 × 10 мм и сушили при температуре 40–45°C в течение 12 часов до остаточной влажности не выше 20%. Высушенный и охлажденный продукт хранили в полиэтиленовых пакетах при температуре не выше 21°C в течение 3 месяцев. Выбор в качестве сырья отходов дальневосточных лососевых рыб обусловлен стабильностью их уловов и значительными объемами добычи. Технология снеков может быть отработана и на высокоминерализованных отходах других массовых рыб, например, на отходах от разделки минтая [Ефимов и др., 2021; Ефимова и др., 2022], а также на смешанном сырье.

При оценке химических показателей снековой продукции – массовой доли белка, хлорида натрия, золы, кальция, фосфора – руководствовались требованиями ГОСТ [ГОСТ 7636-85]. Калий, магний и йод определяли согласно методическим указаниям [МУК 4.1.3606; МУК 4.1.1106].

Для обработки полученных данных применяли методы статистической и графоаналитической обработки. Систематизацию и обобщение данных проводили с помощью программы операционной системы Astra Linux. Статистическую обработку результатов осуществляли на основе подсчета средних значений величин и стандартной средней ошибки. Цифровые величины, указанные в таблицах и графиках, представляют собой арифметическое среднее с доверительным интервалом ($\Delta \pm 10$)% и надежностью $p 0,95$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Социологическое исследование осуществляли в форме анкетирования респондентов, самостоятельно принимающих

решение и/или участвующих в принятии решения при покупке продуктов питания (рис. 1). Как видно из рисунка 1, а, наибольший интерес к морским снекам проявляют молодежь (50%), как правило, подростки, а также студенты (29%). Основная категория потребителей продукции представлена людьми в возрасте 18–35 лет (рис. 1, б). Данные рисунка 1, в коррелируют с информацией о том, что морские снеки чаще всего покупают мужчины «к пиву». Большая часть опрошенных, по сравнению с другими, – 42% – покупают продукт более двух раз в неделю и 32% респондентов – 1 раз в неделю (рис. 1, г). Почти половина участвовавших в анкетировании (44%) приобретают снеки на сумму от 101 до 200 руб. за одну покупку и чуть меньше (36%) предпочитают более бюджетный вариант (рис. 1, д). Подавляющее большинство респондентов (82%) приобретают морские снеки в магазинах во время совершения покупки основных продуктов питания. Таким образом, в результате проведенного социологического исследования была определена целевая аудитория потребителей разработанной продукции – морских снеков из вторичного высокоминерализованного сырья – отходов от разделки рыбы. Потенциальными потребителями являются молодые люди в возрасте до 35 лет, в основном мужчины, готовые приобретать продукцию более двух раз в неделю, ориентирующиеся на ценовой диапазон до 200 рублей. Результаты проведенного с помощью ресурсов сети Интернет анализа ассортимента морских снеков показали, что в настоящее время снеки на основе отходов, образующихся при разделке рыбы (костно-хрящевой ткани), не выпускает ни один производитель пищевой продукции.

Массовая доля костной ткани в дальневосточных лососевых составляет в среднем

от 3,3% от массы тела у горбуши до 11,6% у нерки [Кизеветтер, 1971; Сафронова, Дацин, 2004; Богданов и др., 2005], при этом на хребтовые кости приходится около 12%. Костная ткань рыб богата минеральными веществами и белками. Белки в основном представлены оссеоальбумоидами (73–95%). Массовая доля липидов в костной ткани составляет около 2% [Абрамова и др., 2003; Байдалинова, Яржомбек, 2011; Мезенова и др., 2013; Калорийность..., 2020]. Минеральный состав включает кальций, фосфор, магний, фтор, стронций, хром, цинк, молибден. Кальций содержится в усвояемой для человека форме, и на его долю приходится около 60% минеральных веществ. Массовая доля гексозаминов в костной ткани лососевых колеблется от 18 до 35%. Гексозамины в составе биополимеров оказывают влияние на эластичность и проницаемость тканей и сосудов, участвуют в регулировании водного и электролитного обмена, играют защитную роль в организме человека [Мезенова и др., 2013].

Хрящевая ткань лососевых содержит гексозаминов от 18% у горбуши до 25 и 35% у кижуча и кеты соответственно. Особую биологическую ценность представляет хондроитинсульфат, обладающий противоартритными свойствами. Хрящевая ткань рыб используется для получения биологически активных препаратов противоопухолевого, противоатеросклеротического, противоракового, противосоразного действия [Байдалинова и др., 2006; Мезенова и др., 2013].

Мышечная ткань, прирети которой остаются на хребтах, содержит у лососевых до 2,4 мг/кг витаминов группы D, обеспечивающих лучшее усвоение кальция организмом человека [Байдалинова, Яржомбек, 2011]. Коэффициент биологической значимости жира (отношение суммы эйкозапентаеновой и докозагексаеновой ω_3 -жирных кислот к содержанию липидов) мышечной ткани дальневосточных лососей имеет средние значения – 0,27 у горбуши и 0,20 у кеты [Мезенова и др., 2013].

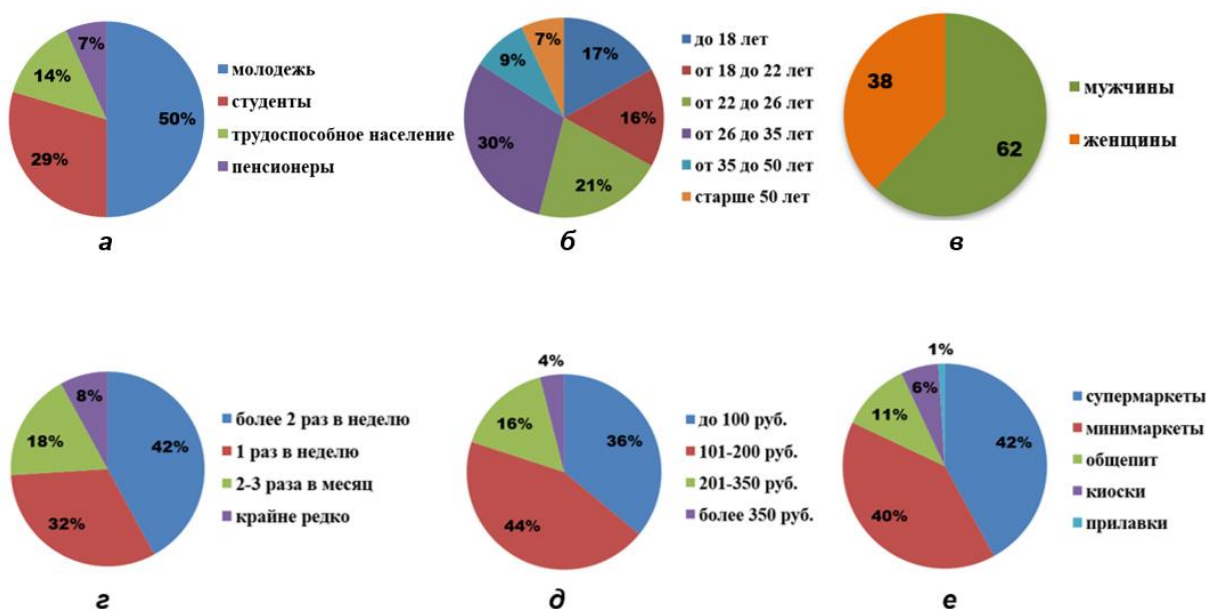


Рис. 1. Сегментация потребителей морских снеков по: а – группам населения; б – возрасту; в – гендерному признаку; г – частоте приобретения; д – среднему чеку; е – виду предприятия торговли

Fig. 1. Dividing the consumers of sea snacks according to: а – population groups; б – age; в – gender; г – frequency of purchase; д – average check; е – type of trade enterprise

Сравнительный анализ снековой продукции, выпускаемой предприятиями Камчатского края, и продукции на основе ВВС, приготавливаемой по разработанной нами технологии, представлен в таблице 1. Снековая продукция на основе ВВС по цене доступна самому широкому потребителю (48 руб. – ориентировочная цена, полученная расчетным методом для одной порции снеков массой 100 г, упакованной в полимерный пакет под вакуумом), отличается от уже выпускаемых предприятиями Камчатского края снеков низким содержанием хлорида натрия (2%), обладает остеотропным действием за счет присутствия гексозаминов, хондроитинсульфата, витаминов группы D в сочетании с высокой долей кальция.

Преимущества снековой продукции на основе ВВС представлены в таблице 2. Разработанная нами снековая продукция не содержит сахар, пищевые красители, ароматизаторы и консерванты, по массовой доле белка (66%) уступает только сушеному мясу (80%). Доля минеральных

веществ в нашем продукте в среднем в два раза выше, чем в других снеках. Энергетическая ценность почти в 1,5 раза выше, чем у сушеного мяса, но значительно ниже, чем у снеков на основе растительного сырья, содержащего усваиваемые углеводы. Употребление одной порции снеков, приготовленных на основе ВВС, удовлетворяет значительную часть суточной потребности человека в белках и липидах (табл. 3), от 25,6% суточной потребности в калии и до 70% в йоде, что позволяет отнести разработанный продукт к категории обогащенных – содержание указанных эссенциальных нутриентов достаточно для восполнения 15–50% суточной потребности в них человека [Маюрникова и др., 2012]. Энергетическая ценность 100 г готовой продукции составила 1/6 суточной потребности человека в энергии. По внешнему виду снеки напоминают сухарики (рис. 2), характеризуются приятным вкусом и ароматом. Низкие водопоглощающие свойства (32%) обеспечивают хорошую хранимоспособность снеков.

Таблица 1. Сравнительная характеристика снековой продукции, выпускаемой в Камчатском крае, и продукции на основе ВВС

Table 1. Comparative characteristics of snack products manufactured in the Kamchatka Territory and products based on secondary highly mineralized raw materials

Производитель	Вид продукции	Характеристика продукта			
		Цена за 100 г, руб.	Основное сырье	Предположительная функциональная направленность	Массовая доля соли, %
Рыболовецкий колхоз имени В.И. Ленина	Соломка сушеная из лососевых рыб	190	Мышечная ткань рыбы	Не указана производителем	9
ООО «Витязь-Авто»	Камбала вяленая	129	Рыба потрошенная обезглавленная	Не указана производителем	6
АО «Океанрыбфлот»	Крупка из кальмара сушеная	149	Мантия и щупальца кальмара	Не указана производителем	9
ООО «Тымлатский рыбокомбинат»	Кальмар сушено-вяленый	170	Мантия кальмара	Не указана производителем	7
Разработанная технология	Снеки на основе ВВС	48	Хребтовые кости, содержащие хрящевую ткань и прирезы мышечной ткани	Остеотропное действие	2

Таблица 2. Преимущества снековой продукции на основе ВВС перед снеками других групп

Table 2. Advantages of snack products based on secondary highly mineralized raw materials over other snacks

Группа снеков	Энергетическая ценность, ккал	Водопоглощающая способность, %	Наличие красителей	Наличие ароматизаторов	Наличие консервантов	Массовая доля, %			
						Белок	Соль	Сахароза	Зола
Сухарики	590	120	Е-137	Наличие	Е-623	7-11	8-10	14	2,2
Чипсы	487	110	Е-132	Наличие	Е-262	7	8-14	0,2	3,3
Орехи	700	68	-	-	Е-228	22	До 4	До 12	3,9
Семечки	601	67	-	-	Е-228	20	До 6	-	3,5
Мясо сушеное	252	72	Е-102	Наличие	Е-251, Е-249	80	5	-	3,2
Снеки на основе ВВС	402	32	-	-	-	66	2	-	7,0

Таблица 3. Содержание основных компонентов в составе снеков на основе ВВС и степень удовлетворения суточной потребности человека в них при употреблении 100 г снеков

Table 3. The content of the main components in the composition of snacks based on secondary highly mineralized raw materials and the degree of satisfaction of the daily human need for them when using 100 g of snacks

Наименование показателя	Содержание в 100 г готовой продукции	Рекомендуемая суточная норма, г, по ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки»	Степень удовлетворения рекомендуемой суточной потребности, % на 100 г продукции
Вода, г	20,0	-	-
Белок, г	66,1	75,0	88,1
Липиды, г	16,9	83,0	20,4
Зола, г, в том числе:	7,0	-	-
калий, мг	896	3 500	25,6
магний, мг	162	400	40,5
кальций, мг	417	1 000	41,7
фосфор, мг	221	800	27,6
йод, мкг	105	150	70,0
Энергетическая ценность, ккал / кДж	402 / 1 683	2 500 / 10 467	16,1



Рис. 2. Внешний вид снеков из ВВС, полученного при разделке дальневосточных лососевых рыб

Fig. 2. Appearance of snacks from secondary highly mineralized raw materials obtained during the processing of Far Eastern salmon

Таким образом, наша снековая продукция на основе ВВС отличается ценным минеральным составом, содержит биологически активные вещества, в том числе вещества остеотропной направленности действия (гексозамины, хондроитинсульфат). Отсутствие химических консервантов, красителей, ароматизаторов, сахарозы и пониженное содержание соли сделают продукцию привлекательной для потребителя. Невысокая стоимость продукта за счет применения условно-пищевых отходов, традиционно считающихся непри-

выми, позволит расширить потребительскую аудиторию рыбных снеков.

В ходе оценки перспектив развития разработанной технологии снековой продукции на основе вторичного высокоминерализованного сырья, полученного при разделке дальневосточных лососевых рыб, была составлена бизнес-модель Остервальдера (табл. 4), которая наглядно показывает перспективы организации производства, выпуска и реализации снеков нового ассортимента, взаимосвязь этапов процесса.

Таблица 4. Бизнес-модель Остервальдера

Table 4. Business Model Canvas

Ключевые партнеры	Ключевые виды деятельности	Ценностные предложения	Взаимоотношения с клиентами	Потребительские сегменты
1. Поставщики сырья. 2. Поставщики материалов. 3. Торговые предприятия. 4. Предприятия общественного питания. 5. Ветеринарно-санитарные лаборатории.	1. Рыбная промышленность (переработка рыбы, сбор костных отходов). 2. Производство. 3. Оптово-розничные продажи. 4. Логистика. 5. Транспорт.	Широкая ассортиментная матрица снековых продуктов из высокоминерализованного вторичного рыбного сырья: 1. Цены ниже рыночных. 2. Мелкий и средний опт. 3. Средний и крупный опт по ценам ниже рыночных. 4. Внутренняя цена.	1. База данных клиентов. 2. Торговые представители. 3. Оператор приема заявок (телефон, факс).	1. Жители Камчатского края. 2. Организации малого и среднего бизнеса. 3. Торговые объекты. 4. Сеть предприятий общественного питания «Бистро». 5. Постоянно действующие ярмарки сельхозпроизводителей Камчатского края.
Структура издержек 1. Амортизация помещений. 2. Оплата труда. 3. Закупка сырья. 4. Закупка материалов. 5. Содержание оборудования. 6. Оплата поставщикам энергоресурсов. 7. Оплата исследований качества и безопасности продукции. 8. Транспортные расходы.			Потоки поступления доходов 1. Розничные продажи сети фирменных магазинов для сегмента 1 на условиях ценностного предложения 1. 2. Оптовые продажи для сегмента 2 на условиях ценностного предложения 2. 3. Поставки для торговых объектов (сегмент 3) по заявкам на условиях ценностного предложения 3. 4. Поставки по заявкам сегмента 4 на условиях ценностного предложения 4. 5. Поставки мелким оптом по заявкам для сегмента 5 на условиях ценностного предложения 3.	

Представленная модель характеризует ход процесса продвижения снеков, показывает, кому планируется реализовывать снековую продукцию нового вида (потребительские сегменты), каким путем производить продажи (каналы сбыта), откуда получать исходные ресурсы (ключевые ресурсы), с кем взаимодействовать в ходе производства и реализации снеков (ключевые партнеры), каким образом активизировать продажи (взаимоотношения с клиентами), какие могут возникать затраты (структура издержек), откуда прогнозируется поступление доходов (потоки поступления доходов). На начальном этапе выпуск снеков из ВВС будет иметь региональную направленность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Аналитические исследования существующих технологий снеков из водных биологических ресурсов показали, что основной тенденцией развития ассортимента и рынка снековой продукции является направленность на здоровый образ жизни. Современные технологии снеков предусматривают использование широчайшего спектра основного и дополнительного сырья, как растительного, так и животного происхождения, натуральных обогащающих добавок и добавок функциональной направленности.

Подбор рациональной рецептуры снековой композиции обеспечивает высокую биологическую ценность, хорошие органолептические показатели, профилактические свойства готового продукта, доступность для потребителя. Научно обоснованные режимы подготовки и обработки сырья обеспечат максимальную простоту технологического процесса, возможность его реализации в производственных условиях любого берегового рыбоперерабатывающего предприятия Камчатского края.

Результаты проведенных нами исследований позволяют сделать вывод о перспективности расширения ассортимента снековой продукции за счет использования в качестве основного сырья высокоминерализованных отходов от разделки рыбы. Такой технологический подход позволит обеспечить отличные диетологические показатели рыбных снеков на основе ВВС при минимальном ценовом диапазоне на продукцию нового вида, освободить рыбоперерабатывающие предприятия от значительного объема отходов, превратив их из кормового и технического ресурса в ценный пищевой продукт. Расчеты и выводы, сделанные по результатам аналитических исследований, представляют собой готовые технические показатели, позволяющие организовать процесс производства снеков из ВВС без дополнительного проведения контрольных работ.

ЛИТЕРАТУРА

- Абрамова Л.С. 2005. Поликомпонентные продукты питания на основе рыбного сырья. Москва: Изд-во ВНИРО. 175 с.
- Абрамова Л.С., Копыленко Л.Р., Кириченко С.Г. 2003. Информационные сведения о пищевой ценности продуктов из гидробионтов. Вып. 1. Качество, безопасность и методы анализа продуктов из гидробионтов. Москва: Изд-во ВНИРО. 96 с.
- Агунович Ю.А., Чмыхалова В.Б. 2023. Разработка технологии шоколада с пищевыми обогащениями из морепродуктов. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 64. С. 8–21.
- Анализ рынка снеков в России в 2018–2022 гг., прогноз на 2023–2027 гг. в условиях санкций. Структура розничной торговли. 2022. BusinesStat. Готовые обзоры рынков. URL: https://businesstat.ru/images/demo/snacks_russia_demo_businesstat.pdf (дата обращения: 12.07.2023).
- Байдалинова Л.С., Лысова А.С., Мезенова О.Я. и др. 2006. Биотехнология морепродуктов. Москва: Мир. 560 с.
- Байдалинова Л.С., Яржомбек А.А. 2011. Биохимия сырья водного происхождения. Москва: Моркнига. 506 с.

- Богданов В.Д., Карпенко В.И., Норин Е.Г. 2005. Водные биологические ресурсы Камчатки: Биология, способы добычи, переработка. Петропавловск-Камчатский: Холдинговая компания «Новая книга». 264 с.
- ГОСТ 7636–85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. 2010. Москва: Стандартинформ. 125 с.
- Ефимов А.А., Мустафаева В.М., Ефимова М.В. и др. 2021. Характеристика минтая как сырьевого объекта рыбной отрасли. *Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование»*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 67–71.
- Ефимова М.В., Ефимов А.А., Мустафаева В.М. и др. 2022. Минтай тихоокеанский – перспективный сырьевой объект рыбной отрасли России. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 62. С. 18–35.
- Итоги работы рыбохозяйственного комплекса Камчатского края в 2021 году. 2022. URL: <https://kamgov.ru/minfish/itogi-raboty-rybohozajstvennogo-kompleksa-kamcatskogo-kraa-v-2010-godu> (дата обращения: 10.07.2023).
- Калорийность. Кости рыбные (мой продукт с кальцием). Химический состав и пищевая ценность. URL: https://health-diet.ru/table_calorie_users/51316/ (дата обращения: 10.10.2020).
- Кизеветтер И.В. 1971. Технологическая и химическая характеристика промысловых рыб тихоокеанского бассейна. Владивосток: Дальиздат. 298 с.
- Маюрникова Л.А., Позняковский В.М., Суханов Б.П. и др. 2012. Экспертиза специализированных пищевых продуктов. Качество и безопасность. Санкт-Петербург: ГИОРД. 424 с.
- Мезенова О.Я., Сафронова Т.М., Сергеева Н.Т. и др. 2013. Биотехнология рационального использования гидробионтов. Санкт-Петербург: Лань. 416 с.
- МУК 4.1.1106. Определение массовой доли йода в пищевых продуктах и сырье титриметрическим методом. 2002. Москва: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. 15 с.
- МУК 4.1.3606. Определение натрия, калия, кальция и магния в пищевых продуктах методом атомно-абсорбционной спектроскопии. 2020. Москва: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. 15 с.
- Основные факторы качества рыбных снеков. URL: <https://unionfish.ru/stati/osnovnye-factory-kachestva-rybnykh-snekov.html> (дата обращения: 20.02.2023).
- Патент 2157633 РФ. Способ приготовления вяленой рыбы. *Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет* (Васильев А.И., Стародубцева Н.Б.).
- Патент 2361461 РФ. Способ получения вяленого формованного продукта из рыбного фарша. *ООО Нессе Петербург* (Пахомовский А.Ю., Сысоев В.В., Виноградова Е.Г. и др.).
- Патент 2503302 РФ. Способ производства пищевого функционального продукта. *ГНУ КНИИХП Россельхозакадемии* (Шаззо Р.И.).
- Патент 2504250 РФ. Рыбные рубленые изделия повышенной пищевой ценности. *ФГАОУ ВО Сибирский федеральный университет* (Сафронова Т.Н., Ермош Л.Г., Березовикова И.П.).
- Патент 2594533 РФ. Способ получения функционального рыбопродукта. *ФГБОУ ВО Калининградский государственный технический университет* (Мезенова О.Я.).
- Сафронова Т.М., Дацун В.М. 2004. Сырье и материалы рыбной промышленности. Москва: Мир. 272 с.
- Сидоров Н.Н., Белоцерковец В.М., Терентьев В.А. 2004. Экструзионные продукты с биологически активными добавками из гидробионтов. *Труды ВНИРО*. Т. 143. Прикладная биохимия и технология гидробионтов. С. 100–102.
- Снеки – альтернативная пища и основа альтернативного бизнеса. 2023. Маркетинг. URL: <https://vc.ru/marketing/740173-sneki-alternativnaya-pishcha-i-osnova-alternativnogo-biznesa> (дата обращения: 05.07.2023).
- Чмыхалов Б.А., Ефимова М.В., Чмыхалова В.Б. 2021. Обоснование использования условно пищевых высокоминерализованных отходов переработки рыбы в технологии снековой продукции. *Материалы XII Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование»*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 96–100.
- Ярочкин А.П., Бойцова Т.М. 2018. Технология, процессы, технические средства получения пищевого фарша из мелких рыб и его использование. *Известия ТИНРО*. Т. 193. С. 237–253.

REFERENCES

- Abramova L.S. 2005. Polycomponent food products based on fish raw materials. Moscow: VNIRO. 175 p. (in Russian).

- Abramova L.S., Kopylenko L.R., Kirichenko S.G. 2003. Information about the nutritional value of products from hydrobionts. Issue 1. Quality, safety and methods of analysis of products from hydrobionts. Moscow: VNIRO. 96 p. (in Russian).
- Agunovich Yu.A., Chmyhalova V.B. 2023. Development of chocolate technology with seafood food additives. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 64. P. 8–21 (in Russian).
- Analysis of the snack market in Russia in 2018–2022, forecast for 2023–2027 under sanctions. The structure of retail trade. 2022. BusinesStat. Ready-made market reviews. URL: https://businesstat.ru/images/demo/snacks_russia_demo_businesstat.pdf (accessed on 12.07.2023) (in Russian).
- Baidalinova L.S., Lysova A.S., Mezenova O.Ya. et al. 2006. Seafood biotechnology. Moscow: Mir. 560 p. (in Russian).
- Baidalinova L.S., Yarzombek A.A. 2011. Biochemistry of raw materials of water origin. Moscow: Morkniga. 506 p. (in Russian).
- Bogdanov V.D., Karpenko V.I., Norinov E.G. 2005. Aquatic biological resources of Kamchatka: Biology, methods of extraction, processing. Petropavlovsk-Kamchatsky: New Book Holding Company. 264 p. (in Russian).
- GOST 7636–85. Fish, marine mammals, marine invertebrates and products of their processing. Methods of analysis. 2010. Moscow: Standartinform. 125 p. (in Russian).
- Efimova M.V., Efimov A.A., Mustafaeva V.M. et al. 2022. Pacific Pollock is a promising raw material for Russian fishery industry. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 62. P. 18–35 (in Russian).
- Efimov A.A., Mustafaeva V.M., Efimova M.V. et al. 2021. Walleye Pollock characteristics as a primary object of fishing industry. *Proceedings of Russian scientific conference* “Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use”. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. P. 67–71 (in Russian).
- The results of the work of the fishing complex of the Kamchatka Territory in 2021. 2022. URL: <https://kamgov.ru/minfish/itogi-raboty-ryboho-zajstvennogo-kompleksa-kamchatskogo-kraa-v-2010-godu> (accessed on 10.07.2023) (in Russian).
- Caloric content. Fish bones (my product with calcium). Chemical composition and nutritional value. URL: https://health-diet.ru/table_calorie_users/51316/ (accessed on 10.10.2020) (in Russian).
- Kiesewetter I.V. 1971. Technological and chemical characteristics of commercial fish of the Pacific basin. Vladivostok: Dalizdat Publ. 298 p. (in Russian).
- Mayurnikova L.A., Poznyakovsky V.M., Sukhanov B.P. et al. 2012. Expertise of specialized food products. Quality and safety. Saint-Petersburg: GIOR. 424 p. (in Russian).
- Mezenova O.Ya., Safronova T.M., Sergeeva N.T. et al. 2013. Biotechnology of rational use of hydrobionts. Saint-Petersburg: Lan Publ. 416 p. (in Russian).
- MUK 4.1.1106. Determination of the mass fraction of iodine in food products and raw materials by titrimetric method. 2002. Moscow: Federal Center of State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of Russia. 15 p. (in Russian).
- MUK 4.1.3606. Determination of sodium, potassium, calcium and magnesium in food products by atomic absorption spectrometry. 2020. Moscow: Federal Center of State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of Russia. 15 p. (in Russian).
- The main factors of the quality of fish snacks. URL: <https://unionfish.ru/stati/osnovnye-faktory-kachestva-rybnykh-snekov.html> (accessed on 20.02.2023) (in Russian).
- Patent 2157633 of the Russian Federation. Method of preparing sun-dried fish. *Far Eastern State Technical Forestry University* (Vasilev A.I., Starodubtseva N.B.) (in Russian).
- Patent 2361461 of the Russian Federation. A method for obtaining a dried molded product from minced fish. *LLC Nesse Peterburg* (Pakhomovsky A.Yu., Sysoev V.V., Vinogradova E.G. et al.) (in Russian).
- Patent 2503302 of the Russian Federation. A method of producing a functional food product. *GNU KNIHP of the Russian Agricultural Academy* (Shazzo R.I.) (in Russian).
- Patent 2504250 of the Russian Federation. Chopped fish products of increased nutritional value. *Siberian Federal University* (Safronova T.N., Ermosh L.G., Berezovikova I.P.) (in Russian).
- Patent 2594533 of the Russian Federation. A method for obtaining a functional fish-growing product. *Kaliningrad State Technical University* (Mezenova O.Ya.) (in Russian).
- Safronova T.M., Datsun V.M. 2004. Raw materials and materials of the fishing industry. Moscow: Mir Publ. 272 p. (in Russian).
- Sidorov N.N., Belotserkovets V.M., Terentyev V.A. 2004. Extrusion products with biologically active additives from hydrobionts. *Trudy VNIRO (Proceedings VNIRO)*. Vol. 143. Applied biochemistry and technology of hydrobionts. P. 100–102 (in Russian).

Snacks are an alternative food and the basis of an alternative business. 2023. Marketing. URL: <https://vc.ru/marketing/740173-sneki-alternativnaya-pishcha-i-osnova-alternativnogo-biznesa> (accessed on 05.07.2023) (in Russian).

Chmykhalov B.A., Efimova M.V., Chmykhalova V.B. 2021. Justification of conditionally food highly mineralized fish processing waste use in snack technology. *Materials of 12th National (All-Russian) scientific-practical conference*

«Natural resources, their current state, protection, commercial and technical use». Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. P. 96–100 (in Russian).

Yarochkin A.P., Boitsova T.M. 2018. Technology, processes, and technical devices to manufacture mince of small-sized fish and its using. *Izvestia TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 193. P. 237–253 (in Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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 Food Production Technologies Department; chmykhalovav@mail.ru. SPIN-code: 6298-2079, Author ID: 914814.

Чмыхалов Борис Алексеевич – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; аспирант кафедры «Технологии пищевых производств»; chmykhalovboris7@yandex.ru

Chmykhalov Boris Alekseevich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Postgraduate student of the Food Production Technologies Department; chmykhalovboris7@yandex.ru

Ефимова Марина Васильевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук, доцент кафедры «Технологии пищевых производств»; efimova-ff@mail.ru. SPIN-код: 2046-5520, Author ID: 664258.

Efimova Marina Vasilyevna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences, Docent, Associate Professor the Food Production Technologies Department; efimova-ff@mail.ru. SPIN-code: 2046-5520; Author ID: 664258.

Ефимов Андрей Анатольевич – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии пищевых производств»; efimoff-a@mail.ru. SPIN-код: 2535-4051, Author ID: 645444.

Efimov Andrey Anatolyevich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor the Food Production Technologies Department; efimoff-a@mail.ru. SPIN-code: 2535-4051; Author ID: 645444.

Статья поступила в редакцию 31.07.2023; одобрена после рецензирования 11.09.2023; статья принята к публикации 25.09.2023.

The article was submitted 31.07.2023; approved after reviewing 11.09.2023; accepted for publication 25.09.2023.

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЧАЙНЫХ НАПИТКОВ

Полосков Д.А., Добрынина Е.В., Владыкина Т.В., Ковалева Е.Д.

Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10

Одним из видов растительного сырья на Дальнем Востоке России, проявляющего высокую антиоксидантную активность, является кипрей узколистный (*Chamerion angustifolium*). Авторы изучили безопасность данного сырья и продукта на его основе – чайного напитка. Исследования проводили в период 2021–2023 гг. В качестве дополнительного сырья использовались водные экстракты плодов шиповника даурского (*Rosa davurica*), брусники (*Vaccinium vitis-idaea*) и облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides*). Представлены данные исследований микробиологической загрязненности и гигиенических показателей безопасности используемого растительного сырья, длительности безопасного хранения готового напитка на основе кипрея узколистного, а также соответствие сырья и продукции требованиям нормативной документации, в том числе ТР ТС 021/2011.

Ключевые слова: антиоксидантная активность, биологически активные вещества, водные экстракты, кипрей узколистный, требования безопасности, *Chamerion angustifolium*, *Hippophae rhamnoides*, *Rosa davurica*, *Stevia rebaudiana*, *Vaccinium vitis-idaea*.

SAFETY OF APPLICATION OF THE FAR EASTERN PLANT RAW MATERIALS IN TEA DRINKS PRODUCTION

Poloskov D.A., Dobrynina E.V., Vladykina T.V., Kovaleva E.D.

Far Eastern Federal University, Campus 10 Ajax Bay, Russky Island, Vladivostok

In Russian Far East, one of the types of plant raw materials, which exhibits high antioxidant activity, is fireweed (*Chamerion angustifolium*). We studied the safety of this raw material and a tea drink produced from it. The studies were carried out in the period 2021–2023. Aqueous extracts of Dahurian rose hips (*Rosa davurica*), cranberries (*Vaccinium vitis-idaea*) and sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*) were used as additional raw materials. We herein present the data on microbiological contamination study and hygienic indicators of the safety of used plant raw materials, the duration of safe storage of the finished drink based on fireweed, as well as the compliance of raw materials and products with the requirements of regulatory documentation, including Technical Regulations of the Customs Union “On food safety” 021/2011.

Key words: antioxidant activity, biologically active substances, aqueous extracts, narrow-leaved fireweed, safety requirements, *Chamerion angustifolium*, *Hippophae rhamnoides*, *Rosa davurica*, *Stevia rebaudiana*, *Vaccinium vitis-idaea*.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях роста показателей активности сезонных заболеваний важное значение приобретает перспектива применения в пищевых технологиях растительного сырья, содержащего биологически активные компоненты, способствующие уменьшению негативного влияния окружающей среды на здоровье человека. Наибольший интерес для удовлетворения потребностей в таких компонентах представляют продукты массового спроса – чайные напитки. Таким образом, была выявлена необходимость в проведении исследования растений Дальнего Востока, которые можно было бы использовать при изготовлении безалкогольных напитков, обладающих свойствами природных источников антиоксидантов и ценных биологически активных веществ.

В ходе научного поиска было установлено, что одним из таких видов является кипрей узколистный (*Chamerion angustifolium* L.), интересующий исследователей в первую очередь высоким содержанием в его листьях дубильных веществ, дающих настою из него цвет, схожий с чаем из камелии китайской (*Camellia sinensis*) [Бушуева и др., 2016; Садовский, Соколов, 2017].

Результаты многочисленных исследований показывают, что в составе кипрея узколистного выявлен широкий спектр активных компонентов, имеющих сильное терапевтическое действие: фенилпропаноидов и фенолкарбоновых кислот, гликозидированных и свободных флавоноидов, в основном производных кемпферола, кумаринов, дубильных веществ. Зафиксировано большое количество витамина С и ряд других полезных макро- и микроэлементов. В листовом сырье установлено наличие эллаготанинов, с преобладанием

энотеина-В, оказывающих на сердечно-сосудистую систему выраженный противовоспалительный и мягкий тонизирующий эффект. Доказано, что сочетание в кипрее слизей и танинов пирогалловой группы способствует нормализации деятельности кишечника, а наличие пектиновых веществ и большого количества органических кислот способствует детоксикации организма [Садовский, Соколов, 2017; Бушуева и др., 2016; Иригина, Елисеева, 2021; Шапиро, 2022; Lin et al., 2021; Дворяткина и др., 2018].

Были изучены работы на тему приготовления экстрактов на основе кипрея узколистного и измерения их антиоксидантной активности, подтвердившие, что данный экстракт возможно использовать в приготовлении профилактических чайных напитков [Дворяткина и др., 2018; Олейниц и др., 2018].

Основным критерием подбора вспомогательных растительных ингредиентов было выбрано наличие высокого содержания витамина С в их составе. Важно также было установить наличие высокой антиоксидантной активности в продуктах водной экстракции сырья. Исходя из этого, в качестве вспомогательного сырья для производства напитка на основе кипрея узколистного определена целесообразность использования ягодного сырья, а именно: шиповника даурского (*Rosa davurica*) [Палагина и др., 2012; Дубцова и др., 2018], брусники (*Vaccinium vitis-idaea* L.) [Степанова, Луговая, 2021; Kowalska, 2021; Белова и др., 2020] и облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) [Кароматов, 2017; Saeidi et al., 2016], отвечающих критериям подбора. В качестве натурального подсластителя было решено использовать стевию (*Stevia rebaudiana*), содержащую безопасные, устойчивые в кислой среде и термостабильные сладкие гликозиды,

обладающую рядом лекарственных свойств [Кочетов, Синявина, 2021; Samuel et al., 2018; El-Nassag et al., 2019].

Вместе с тем, в связи с растущим антропогенным воздействием на экосистемы Дальнего Востока и закономерным увеличением показателей ксенобиотического загрязнения окружающей среды, все природные объекты в данном регионе, в том числе традиционно заготавливаемое дикорастущее сырье, представляют потенциальную угрозу здоровью человека и требуют получения экспериментальных доказательств возможности их безопасного использования [Авдощенко, Климова, 2021].

Подобранное сырье и готовый чайный напиток на его основе также должны соответствовать требованиям микробиологической и гигиенической безопасности, то есть не иметь в своем составе вредных примесей химической и биологической природы, в том числе патогенных микроорганизмов, плесневых грибов и ядовитых продуктов их жизнедеятельности [Лещенко, Литвина, 2017; Минаева и др., 2019]. Гигиенические требования обусловлены токсическими и канцерогенными свойствами тяжелых металлов, а также их способностью, включаясь в биологический круговорот веществ, аккумулироваться в тканях растений и животных [Кравченко и др., 2018].

Цель исследования – изучение микробиологической загрязненности и гигиенических показателей безопасности дальневосточного растительного сырья в производстве чайных напитков на примере использования кипрея узколистного в качестве основы рецептуры, стевии в качестве подсластителя и водных экстрактов плодов шиповника даурского, брусники и облепихи крушиновидной в качестве вспомогательного сырья.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования были проведены в 2021–2023 гг. Материалом исследования служили образцы напитка на основе кипрея узколистного, прошедшего полный технологический цикл производства: сбор и подготовку листового сырья; подвяливание и скручивание отобранного листа; полную ферментацию, при выдержке в течение 4–4,5 ч при температуре от 28 до 32°C в затемненном помещении с высокой относительной влажностью 80–85%; сушку; стадию отлежки; фракционирование; заваривание и процеживание готового полуфабриката; стадию розлива и укупорки готового продукта. Образцы были собраны в местах его ареала в Приморском крае во время фазы цветения, в конце июля 2021 и 2022 г. соответственно. В рецептуру также входили измельченные листья стевии, длительная водная экстракция которых позволяет получать из сырья до 40,9% водорастворимых веществ, из которых 8–10% – сладкие гликозиды, остальные 30–32% составляют дубильные вещества, моно- и олигосахариды, водорастворимые красители и камеди [Кочетов, Синявина, 2021].

Отдельно исследовались водные экстракты (гидромодуль 1 : 10) вспомогательного сырья: плодов шиповника даурского, брусники и облепихи крушиновидной, собранных в 2022 г. В ходе предварительных испытаний было установлено, что использовать их целесообразно в форме готовых жидких экстрактов, так как данное сырье требует длительной термической либо ферментативной обработки и при одновременном заваривании купажа сухих ягод с листьями кипрея выделение дубильных веществ и полифенолов будет минимальным. Все исследуемые образцы сырья и готовых продуктов хранились при температуре $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение всего срока испытаний.

Выбор исследуемых показателей безопасности основывался на требованиях ТР ТС 021/2011 и соответствующих сырью нормативных документов (ГОСТ 20450-2019; ГОСТ Р 59661-2021; ГОСТ 1994-93). Микробиологические показатели безопасности включали: количество патогенных микроорганизмов, в том числе сальмонелл (ГОСТ Р 52833-07; МУК 4.2.2578-10); количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) (ГОСТ 10444.15-94); количество бактерий группы кишечных палочек (БГКП) (ГОСТ 31747-2012); количество дрожжей и плесневых грибов (ГОСТ 10444.12-13).

Гигиенические показатели безопасности включали определение токсических элементов, а именно: свинца и кадмия (ГОСТ 30178-96; ГОСТ EN 14083-2013), мышьяка (ГОСТ 31628-2012), ртути (ГОСТ 26927-86; ГОСТ Р 56931-2016).

В первой серии опытов исследовали образцы чайных напитков на основе кипрея узколистного, собранного в конце июля 2021 г. в фазу цветения на территории Приморского края. Определяли количество патогенных микроорганизмов, в том числе сальмонелл, методом полимеразной цепной реакции, а также содержание тяжелых металлов в том числе свинца, кадмия и ртути – атомно-адсорбционным методом, мышьяка – инверсионно-вольтамперометрическим методом.

Во второй серии опытов были проведены исследования чайного напитка на основе кипрея узколистного, полученного в 2022 г. при тех же условиях, а также токсикологическое исследование водных экстрактов вспомогательного ягодного сырья: плодов шиповника даурского, брусники и облепихи крушиновидной. Для чайного напитка было решено исследовать более широкий спектр показателей, отвечающий

актуальным требованиям соответствующих сырью нормативных документов, а именно: количество сальмонелл, БГКП, дрожжей и плесневых грибов, и КМАФАнМ, выполняемые соответствующими методами посева в селективно-диагностические среды, согласно МУК 4.2.2578-10.

Дополнительно были проведены исследования физико-химических показателей используемого растительного сырья: кислотности (ГОСТ ISO 750-2013), содержания сухих веществ (ГОСТ 34128-2017) и остаточное содержание витамина С, после продолжительной горячей экстракции (ГОСТ 34151-2017).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты проведенных нами исследований, превышения значений величин допустимого уровня микробиологической загрязненности и гигиенических показателей безопасности в образцах чайных напитков на основе кипрея узколистного с добавлением стевии, собранного в Приморском крае в 2021 г., не наблюдалось (табл. 1). Нами была установлена необходимость проведения повторных испытаний с целью уточнения правильности выбранных технологических подходов в обработке сырья и проверки инновационных решений, выработанных за время данного этапа исследований, направленных на уменьшение потерь нетермостабильных компонентов, проявляющих требуемую от разрабатываемого продукта антиоксидантную активность. Для этого мы провели расширенный анализ показателей микробиологической загрязненности и гигиенических показателей безопасности в образцах чайного напитка на основе кипрея узколистного с добавлением стевии, собранного в 2022 г., с разными сроками хранения (табл. 2).

Таблица 1. Микробиологическая загрязненность и гигиенические показатели безопасности чайных напитков на основе кипрея узколистного, собранного в Приморском крае (2021 г.)

Table 1. Microbiological contamination and hygienic safety indicators of tea drinks based on fireweed collected from Primorsky Krai (2021)

Наименование показателей	Величина допустимого уровня	Срок хранения образца	Результат исследований	Ед. изм.	НД на методы исследований
Микробиологические показатели:					
Патогенные МО, в т. ч. сальмонеллы	Не допускается в массе продукта: 100 г	Менее суток	Не обнаружено		ГОСТ Р 52833-07
Токсичные элементы:					
Свинец	Не более 0,3	Менее суток	Менее 0,01	мг/кг	ГОСТ 30178-96
Кадмий	Не более 0,03		Менее 0,01		
Мышьяк	Не более 0,1		Менее 0,002		ГОСТ 31628-12
Ртуть	Не более 0,005		Менее 0,0075		ГОСТ 26927-86

Таблица 2. Микробиологическая загрязненность и гигиенические показатели безопасности чайных напитков на основе кипрея узколистного, собранного в Приморском крае (2022 г.)

Table 2. Microbiological contamination and hygienic safety indicators of tea drinks based on fireweed collected from Primorsky Krai (2022)

Наименование показателей	Величина допустимого уровня	Срок хранения образца	Результат исследований	Ед. изм.	НД на методы исследований
Микробиологические показатели:					
Патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы	Не допускается в массе продукта: 100 г	Менее суток	Не обнаружено		МУК 4.2.2578-10
		1 нед.			
		2 нед.			
		3 нед.			
		4 нед.			
КМАФАнМ	Не более 30	Менее суток	Менее 10	КОЕ/см ³	ГОСТ 10444.15-94
		1 нед.			
		2 нед.			
		3 нед.			
		4 нед.	Более 30		
БГКП	Не допускаются в массе продукта: 333 см ³	Менее суток	Не обнаружено		ГОСТ 31747-12
		1 нед.			
		2 нед.			
		3 нед.			
		4 нед.			
Дрожжи и плесневые грибы	Не более 40	Менее суток	Не обнаружено	КОЕ/см ³	ГОСТ 10444.12-13
		1 нед.			
		2 нед.			
		3 нед.			
		4 нед.			
Токсичные элементы:					
Свинец	Не более 0,3	Менее суток	0,19 ± 0,03	Мг/кг	ГОСТ EN 14083-13
Кадмий	Не более 0,03		Менее 0,04		
Мышьяк	Не более 0,1		0,016 ± 0,002		ГОСТ 31628-12
Ртуть	Не более 0,005		0,014 ± 0,0005		ГОСТ Р 56931-16

Микробиологические показатели были получены с подсчетом результата на микробиологическом экспресс-анализаторе «БакТрак» непрямым культуральным методом обнаружения микроорганизмов. Исследования проводились на основе метода разделенного импеданса: регистрировали два определенных показателя импеданса для каждого измерения – М-величину (относительное изменение (уменьшение) импеданса среды, выраженное в процентах к начальному измерению) и Е-величину (импеданс электрода). М-параметр в основном отображал ту часть импеданса, которая связана с активной проводимостью. На него непосредственное влияние оказывал ионный состав среды при росте микроорганизмов, а также используемый для анализа образец. На величину Е-параметра состав питательной среды влиял уже не в столь сильной мере.

Данное оборудование получило приоритет на стадии выбора экспресс-анализатора для подсчета результатов, так как предоставляет возможность использования простого метода подготовки образцов к исследованию. В сочетании с исключением рутинных стадий метода подсчета колоний на чашках оно позволяет значительно увеличить количество одновременно проводимых анализов в лаборатории и отвечает требованиям GLP (Good Laboratory Practice), что обеспечивает безопасность во время проводимых опытов. Для проведения испытаний использовались соответствующие селективно-диагностические среды, приготовленные в соответствии с инструкцией фирмы-изготовителя: BiMedia 001B (определение КМАФАнМ), BiMedia 160C (определение БГКП (колиформ)), BiMedia 501B (определение дрожжей и плесеней), BiMedia 201C (определение сальмонелл).

Данные таблиц позволяют сделать вывод о том, что использование прошедшего

модернизированную технологию обработки и более длительную отлежку в соответствующих условиях хранения (в сухом, чистом, хорошо вентилируемом помещении, не имеющем постороннего запаха, при температуре $(+2-26)^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха не более 75%, без воздействия прямого солнечного света и влаги) сухого листового полуфабриката кипрея узколистного, собранного в данном ареале, как основы чайных напитков с добавлением измельченного листового сырья стевии в качестве подсластителя также является безопасным с точки зрения микробиологической загрязненности и гигиенических показателей безопасности и отвечает требованиям Технического регламента Таможенного союза (ТР ТС 021/2011).

Установлено, что в образцах не наблюдается постоянного ступенчатого увеличения общего числа микроорганизмов и иных контаминантов в установленных нормами ТР ТС 021/2011 сроках хранения. Однако, по их истечении наблюдалось резкое увеличение общей бактериальной обсемененности, определяемое органолептически, что также подтверждает соответствие выбранным срокам хранения, в рамках 30 дней с момента розлива готового продукта и его укупорки.

Полученные показатели обусловлены подобранными температурными режимами обработки сырья, высокой антиоксидантной активностью используемых компонентов, в том числе влиянием прошедшего экстракцию листового сырья стевии, которое обладает антимикробным, противовирусным и фунгицидным эффектом, а также отсутствием вносимых в рецептуру искусственных консервантов.

В целях установления безопасности использования ягодного сырья данного региона в качестве вспомогательного обогащающего сырья было проведено токсико-

логическое исследование ягодных экстрактов шиповника даурского, брусники и облепихи крушиновидной, собранных в разных точках известных ареалов произрастания Приморского края Дальнего Востока России (табл. 3).

По результатам дополнительных исследований физико-химических показателей образцов были получены показатели, представленные в таблице 4. На основе полученных данных можно сделать вывод о содержании во всех образцах широкого спектра

органических кислот, влияющих на кислотность готового экстракта, а также о высоком содержании танинов, составляющих основу сухих веществ. Также подтвердились литературные данные о высоких потерях витамина С при длительной горячей экстракции всего перечисленного сырья, что может служить обоснованием внесения корректировок в технологию приготовления данного продукта, в именно – уменьшения предела температурных режимов с одновременным увеличением их продолжительности.

Таблица 3. Токсикологическая загрязненность водных экстрактов ягодного сырья, собранного в Приморском крае (2022 г.)

Table 3. Toxicological contamination of water extracts of berry raw materials collected from Primorsky Krai (2022)

Наименование образца и показателей	Величина допустимого уровня	Срок хранения образца	Результат исследований	Ед. изм.	НД на методы исследований
Экстракт шиповника даурского					
Свинец	Не более 0,3	Менее суток	Менее 0,16	Мг/кг	ГОСТ EN 14083-13
Кадмий	Не более 0,03		Менее 0,02		
Мышьяк	Не более 0,1		0,020 ± 0,003		ГОСТ 31628-12
Ртуть	Не более 0,005		Менее 0,01		ГОСТ Р 56931-16
Экстракт брусники					
Свинец	Не более 0,3	Менее суток	Менее 0,16	Мг/кг	ГОСТ EN 14083-13
Кадмий	Не более 0,03		Менее 0,02		
Мышьяк	Не более 0,1		Менее 0,016		ГОСТ 31628-12
Ртуть	Не более 0,005		Менее 0,01		ГОСТ Р 56931-16
Экстракт облепихи крушиновидной					
Свинец	Не более 0,3	Менее суток	0,23 ± 0,03	Мг/кг	ГОСТ EN 14083-13
Кадмий	Не более 0,03		Менее 0,02		
Мышьяк	Не более 0,1		Менее 0,016		ГОСТ 31628-12
Ртуть	Не более 0,005		Менее 0,01		ГОСТ Р 56931-16

Таблица 4. Физико-химические показатели водных экстрактов ягодного сырья, собранного в Приморском крае (2022 г.)

Table 4. Physico-chemical parameters of water extracts of berry raw materials collected from Primorsky Krai (2022)

Наименование образца и показателей	Срок хранения образца	Результат исследований	Ед. изм.	НД на методы исследований
Чайный напиток на основе кипрея узколистного				
Содержание сухих веществ	Менее суток	Менее 2,0	%	ГОСТ 34128-17
Содержание витамина С		1,2 ± 0,1	мг/100 г	ГОСТ 34151-17
Кислотность		0,200 ± 0,020	Ммоль Н+/100 см³	ГОСТ ISO 750-13
Экстракт шиповника даурского				
Содержание сухих веществ	Менее суток	2,5 ±0,4	%	ГОСТ 34128-17
Содержание витамина С		18,2 ± 1,8	мг/100 г	ГОСТ 34151-17
Кислотность		0,220 ± 0,044	Ммоль Н+/100 см³	ГОСТ ISO 750-13

Окончание табл. 4

The end of the Table 4

Наименование образца и показателей	Срок хранения образца	Результат исследований	Ед. изм.	НД на методы исследований
Экстракт брусники				
Содержание сухих веществ	Менее суток	2,0 ± 0,5	%	ГОСТ 34128-17
Содержание витамина С		Менее 1,0	мг/100 г	ГОСТ 34151-17
Кислотность		0,204 ± 0,004	Ммоль Н+/100 см ³	ГОСТ ISO 750-13
Экстракт облепихи крушиновидной				
Содержание сухих веществ	Менее суток	2,0 ± 0,25	%	ГОСТ 34128-17
Содержание витамина С		Менее 1,0	мг/100 г	ГОСТ 34151-17
Кислотность		0,200 ± 0,004	Ммоль Н+/100 см ³	ГОСТ ISO 750-13

В качестве отвечающего данному требованию технологического подхода при термической обработке готовых напитков на основе кипрея узколистного с добавками ягодных экстрактов, с целью обеспечения их микробиологической безопасности, предлагается использовать метод тиндализации – дробную стерилизацию при низких температурах. Использование данного метода предполагает их ежедневное нагревание при 56–58°C в течение 6 суток. В первый день процесс протекает 2 часа, в последующие дни – по одному часу. Перерыв между нагреванием составляет 24 часа при температуре культивирования вегетативных форм микробов (25–37°C). В результате такого дробного прогрева погибают вегетативные клетки бактерий, проросших из термостойких спор, что дает результат аналогичный пастеризации, но обеспечивает существенно меньшие потери нетермостабильных компонентов, в том числе витамина С.

Таким образом, установлена целесообразность использования данного ягодного сырья в качестве вспомогательного, так как оно является безопасным и отвечает требованиям нормативной документации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование кипрея узколистного, собранного на территории Приморского

края Дальнего Востока России, в качестве основы чайного напитка, с учетом добавления стевии в качестве подсластителя, является безопасным с точки зрения микробиологической загрязненности и гигиенических показателей безопасности и отвечает требованиям ТР ТС 021/2011. Применение для обогащения чайных напитков ягодного сырья (шиповника даурского, брусники и облепихи крушиновидной), собранного в том же регионе, также является безопасным с точки зрения гигиенических показателей безопасности и отвечает требованиям ТР ТС 021/2011. Таким образом, можно утверждать об экологической безопасности районов произрастания используемого растительного сырья.

На основе проведенных исследований можно сделать вывод о том, что полученные чайные напитки на основе кипрея узколистного отвечают требованиям ТР ТС 021/2011 для напитков безалкогольных непастеризованных и без консерванта со сроком годности менее 30 суток по длительности безопасного хранения в рамках установленного срока годности.

ЛИТЕРАТУРА

Авдощенко В.Г., Климова А.В. 2021. Оценка загрязнения растительного покрова города Петропавловска-Камчатского (Камчатский край) тяжелыми металлами в 2017–2020 гг. *Вестник*

- Камчатского государственного технического университета. № 55. С. 89–100.
- Белова Е.А., Тритэк В.С., Шульгау З.Т. и др. 2020. Изучение фенольных соединений ягод трех видов растений рода *Vaccinium*, произрастающих в Ханты-Мансийском автономном округе. *Химия растительного сырья*. № 1. С. 107–116.
- Бушуева Г.Р., Сыроешкин А.В., Максимова Т.В. и др. 2016. Кипрей узколистный – перспективный источник биологически активных соединений. *Микроэлементы в медицине*. Т. 17. № 2. С. 15–23.
- Дворяткина И.Б., Вагнер В.А., Колесниченко М.Н. 2018. Исследование экстракта кипрея как источника антиоксидантных веществ для производства безалкогольных напитков. *Материалы XIX международной научно-практической конференции «Современные проблемы техники и технологии пищевых производств»*. Барнаул: ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова». С. 40–43.
- Дубцова Г.Н., Кусова И.У., Куницына И.К. 2018. Оценка биологически активных веществ сухого экстракта шиповника. *Пищевая промышленность*. № 5. С. 32–34.
- Иринина О.И., Елисеева С.А. 2021. Изучение биохимического состава и лечебных свойств растения кипрей узколистный (иван-чай). *Ползуновский вестник*. № 2. С. 44–54.
- Кароматов И.Д. 2017. Облепиха – лечебное и профилактическое средство народной и научной медицины. *Биология и интегративная медицина*. № 8. С. 41–73.
- Кочетов А.А., Синявина Н.Г. 2021. Стевия (*Stevia rebaudiana* Bertoni): биохимический состав, терапевтические свойства и использование в пищевой промышленности (обзор). *Химия растительного сырья*. № 2. С. 5–27.
- Кравченко И.В., Филимонова М.В., Шепелева Л.Ф. и др. 2018. Содержание биологически активных веществ, меди и свинца у *Chamaenerion angustifolium* L. в условиях антропогенной нагрузки. *Проблемы региональной экологии*. №5. С. 15–21.
- Лещенко Ю.В., Литвина Л.А. 2017. Безопасность чайного напитка и травы из кипрея узколистного по микробиологическим показателям. *Сборник трудов конференции научного общества студентов и аспирантов биолого-технологического факультета «Проблемы биологии и биотехнологии»*. Новосибирский государственный аграрный университет. С. 65–68.
- Минаева Л.П., Алешкина А.И., Маркова Ю.М. и др. 2019. Изучение загрязненности чая и чайных травяных напитков плесневыми грибами – потенциальными продуцентами микотоксинов – первый шаг к оценке риска (Сообщение 1). *Анализ риска здоровью*. № 1. С. 93–102.
- Олейниц Е.Ю., Блинова И.П., Дейнека Л.А. и др. 2018. Антоцианы и другие фенольные соединения напитка Иван-чай, и его антиоксидантная активность. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация*. № 1. С. 7–14.
- Палагина М.В., Дубняк Я.В., Голов В.И. 2012. Ресурсы пищевого сырья Дальневосточного региона (учебное пособие). Владивосток. Изд. дом Дальневосточного федерального ун-та. 153 с.
- Степанова Е.М., Луговая Е.А. 2021. Макро- и микроэлементный профиль брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.), произрастающей в лесной зоне города Магадана. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. Т. 13. № 4. С. 238–250.
- Садовский А.С., Соколов И.А. 2017. Иван-чай: от мифов к реалиям. Часть II. *Кофе и Чай в России. Деловой журнал*. № 6 (141). С. 20–23.
- Шапиро Я.С., Сергеева О.В., Радишевский Д.Ю. 2022. Агробиологические аспекты стандартизации сырья кипрея узколистного и продуктов его переработки. *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. № 2 (67). С. 9–16.
- El-Nassag D.E., Ghamry H.I., Elhassaneen Y.A. 2019. Stevia (*Stevia rebaudiana*) leaves: chemical composition, bioactive compounds, antioxidant activities, antihyperglycemic and antiatherogenic effects. *Journal of Studies and Searches of Specific Education*. № 5 (1). P. 157–180.
- Kowalska K. 2021. Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) fruit as a source of bioactive compounds with health-promoting effects (review). *International Journal of Molecular Sciences*. № 2 (10). P. 5126.
- Lin P., Wang Z., Zhou N. et al. 2021. Chemical characterization of the anti-inflammatory activity fraction of *Epilobium angustifolium*. *European Food Research and Technology*. Vol. 248. № 6. P. 1–10.
- Saeidi K., Alirezalu A., Akbari Z. 2016. Evaluation of chemical constitute, fatty acids and antioxidant activity of the fruit and seed of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) grown wild in Iran. *Natural Product Research*. № 30 (3). P. 366–8.

Samuel P., Ayoob K.T., Magnuson B.A. et al. 2018. Stevia leaf to stevia sweetener: exploring its science, benefits, and future potential. *Journal of Nutrition*. № 148 (7). P. 1186–1205.

REFERENCES

- Avdoshchenko V.G., Klimova A.V. 2021. Assessment of heavy metals pollution in the plants of Petropavlovsk-Kamchatsky (Kamchatka Territory) in 2017–2020. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 55. P. 89–100 (in Russian).
- Belova E.A., Tritek V.S., Shulgau Z.T. et al. 2020. The study of phenolic compounds of the berries of three species of plants of the genus *Vaccinium*, growing in the Khanty-mansi autonomous area. *Himija rastitel'nogo syr'ja (Chemistry of Plant Raw Materials)*. № 1. P. 107–116 (in Russian).
- Bushueva G.R., Syroeshkin A.V., Maksimova T.V. et al. 2016. Narrow-leaved cypress is a promising source of biologically active compounds. *Mikrojelementy v medicine (Trace Elements in Medicine)*. Vol. 17. № 2. P. 15–23 (in Russian).
- Dvoryatkina I.B., Wagner V.A., Kolesnichenko M.N. 2018. Investigation of cypress extract as a source of antioxidant substances for the production of soft drinks. *Materials of the XIX International scientific and practical conference "Modern problems of technics and technology of food production"*. Barnaul: Altai State Technical University named after I.I. Polzunov. P. 40–43 (in Russian).
- Dubtsova G.N., Kusova I.U., Kunitsyna I.K. 2018. Evaluation of biologically active substances of dry rosehip extract. *Pishhevaja promyshlennost' (Food Industry)*. № 5. P. 32–34 (in Russian).
- Irinina O.I., Eliseeva S.A. 2021. The study of biochemical composition and medicinal properties of the plant *Epilobium angustifolium* (fireweed). *Polzunovskiy Vestnik*. № 2. P. 44–54 (in Russian).
- Karomatov I.D. 2017. Sea buckthorn – therapeutic and preventive means of folk and scientific medicine. *Biologiya i integrativnaya medicina (Biology and Integrative Medicine)*. № 8. P. 41–73 (in Russian).
- Kochetov A.A., Sinyavina N.G. 2021. Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni): biochemical composition, therapeutic properties and use in the food industry (review). *Himija rastitel'nogo syr'ja (Chemistry of Plant Raw Materials)*. № 2. P. 5–27 (in Russian).
- Kravchenko I.V., Filimonova M.V., Shepeleva L.F. et al. 2018. Content of biologically active substances, lead and copper in *Chamaenerion angustifolium* L. in conditions of anthropogenic impact. *Problemy regional'noj jekologii (Regional Environmental Issues)*. № 5. P. 15–21 (in Russian).
- Leshchenko Yu.V., Litvina L.A. 2017. Safety of tea drink and herbs from narrow-leaved cypress according to microbiological indicators. *Proceedings of the conference of the Scientific society of Students and postgraduates of the Faculty of Biology and Technology "Problems of Biology and Biotechnology"*. Novosibirsk State Agrarian University. P. 65–68 (in Russian).
- Minaeva L.P., Aleshkina A.I., Markova Y.M. et al. 2019. Studying the contamination of tea and herbal infusions with mold fungi as potential mycotoxin producers: the first step to risk assessment (message 1). *Analiz riska zdorov'ju (Health Risk Analysis)*. № 1. P. 93–102 (in Russian).
- Oleinitz E.Yu., Blinova I.P., Deineka L.A. et al. 2018. Anthocyanins and other phenolic compounds of the beverage of Ivan-tea and its antioxidant activity. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Himija. Biologiya. Farmacija (Bulletin of the Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy)*. № 1. P. 7–14 (in Russian).
- Palagina M.V., Dubnyak Ya.V., Golov V.I. 2012. Resources of food raw materials of the Far Eastern region. *Study guide*. Vladivostok. Publishing House of the Far Eastern Federal University. 153 p.
- Stepanova E.M., Lugovaya E.A. 2021. Mineral profile of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.), growing in the forest zone of Magadan. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. Vol. 13. № 4. P. 238–250 (in Russian).
- Sadovsky A.S., Sokolov I.A. 2017. Ivan-tea: from myths to realities. Part II. *Kofe i chaj v Rossii. (Coffee and Tea in Russia)*. Business magazine. № 6 (141). P. 20–23 (in Russian).
- Shapiro Ya.S., Sergeeva O.V., Radishevsky D.Yu. 2022. Agrobiological aspects of standardization of blooming fireweed raw materials and products of its processing. *Izvestija Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Izvestiya of Saint-Petersburg State Agrarian University)*. № 2 (67). P. 9–16 (in Russian).
- El-Nassag D.E., Ghamry H.I., Elhassaneen Y.A. 2019. Stevia (*Stevia rebaudiana*) leaves: chemical composition, bioactive compounds, antioxidant activities, antihyperglycemic and antiatherogenic effects. *Journal of Studies and Searches of Specific Education*. № 5 (1). P. 157–180.
- Kowalska K. 2021. Lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) fruit as a source of bioactive compounds with health-promoting effects (review).

- International Journal of Molecular Sciences*. № 2 (10). P. 5126.
- Lin P., Wang Z., Zhou N. et al. 2021. Chemical characterization of the anti-inflammatory activity fraction of *Epilobium angustifolium*. *European Food Research and Technology*. Vol. 248. № 6. P. 1–10.
- Saeidi K., Alirezalu A., Akbari Z. 2016. Evaluation of chemical constitute, fatty acids and antioxidant activity of the fruit and seed of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) grown wild in Iran. *Natural Product Research*. № 30 (3). P. 366–8.
- Samuel P., Ayoob K.T., Magnuson B.A. et al. 2018. Stevia leaf to stevia sweetener: exploring its science, benefits, and future potential. *Journal of Nutrition*. № 148 (7). P. 1186–1205.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Полосков Данила Александрович – Дальневосточный федеральный университет; 690922, Россия, Владивосток; магистр; poloskov.da@students.dvfu.ru.

Poloskov Danila Aleksandrovich – Far Eastern Federal University; 690922, Russia, Vladivostok; Master of Science; poloskov.da@students.dvfu.ru.

Добрынина Елена Викторовна – Дальневосточный федеральный университет, Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем; 690922, Россия, Владивосток; кандидат технических наук; доцент кафедры «Пищевая и клеточная инженерия»; dobrynina.ev@dvfu.ru. SPIN-код: 2549-2609, Author ID: 731343.

Dobrynina Elena Viktorovna – Far Eastern Federal University, Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems; 690922, Russia, Vladivostok; Candidate of Technological Sciences; Associate Professor of the Department of Food and Cell Engineering; dobrynina.ev@dvfu.ru. SPIN-код: 2549-2609, Author ID: 731343.

Владыкина Татьяна Васильевна – Дальневосточный федеральный университет, Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем; 690922, Россия, Владивосток; кандидат медицинских наук; доцент кафедры «Пищевая и клеточная инженерия»; vladykina.tv@dvfu.ru. SPIN-код: 5007-6822, Author ID: 289144; Scopus ID: 57201422956.

Vladykina Tatiana Vasilyevna – Far Eastern Federal University, Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems; 690922, Russia, Vladivostok; Candidate of Medical Sciences; Associate Professor of the Department of Food and Cell Engineering; vladykina.tv@dvfu.ru. SPIN-код: 5007-6822, Author ID: 289144; Scopus ID: 57201422956.

Ковалева Елизавета Дмитриевна – Дальневосточный федеральный университет; 690922, Россия, Владивосток; магистр; kovaleva.ed@students.dvfu.ru.

Kovaleva Elizaveta Dmitrievna – Far Eastern Federal University; 690922, Russia, Vladivostok; Master of Science; kovaleva.ed@students.dvfu.ru.

Статья поступила в редакцию 20.07.2023; одобрена после рецензирования 11.09.2023; статья принята к публикации 25.09.2023.

The article was submitted 20.07.2023; approved after reviewing 11.09.2023; accepted for publication 25.09.2023.

МОДУЛЯЦИЯ ФАГОЦИТАРНОЙ АКТИВНОСТИ НЕЙТРОФИЛОВ ПРЕПАРАТАМИ ИЗ КАМЧАТСКИХ БУРЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Перервенко О.В.¹, Меджидова Х.М.¹, Ключкова Н.Г.²

¹ Филиал № 2 ФГКУ «1477 Военно-морской клинический госпиталь», г. Петропавловск-Камчатский, ул. Аммональная падь, 1.

² Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, 6.

Представлены результаты изучения влияния водорослевых препаратов – геля из *Hedophyllum bongardianum* и экстрактов, полученных из морских бурых водорослей *H. bongardianum*, *Alaria esculenta* и *Fucus distichus* на модуляцию фагоцитарной активности нейтрофилов крови. В эксперименте приняли участие 16 добровольцев, которые ежедневно в течение 30 дней принимали по 15 г водорослевого геля. До и после эксперимента у них проводили забор крови для общего анализа и изучения уровня иммуномодуляции после праймирующего воздействия разноконцентрированных (0,5; 1; 2; 5%) растворов водорослевых экстрактов. Неспецифическую резистентность организма участников эксперимента оценивали по следующим показателям: фагоцитарная активность нейтрофилов (ФАН), фагоцитарное число (ФЧ), абсолютный фагоцитарный показатель (АФП) и сумма фагоцитоза (СФ). Наиболее высокое праймирующее воздействие на кровь обследованных лиц, взятую как до, так и после использования ими *per os* водорослевого геля, оказали водорослевые экстракты, разбавленные физиологическим раствором до концентрации 2%. Низкие концентрации (0,25 и 0,5%) не оказали стимулирующего воздействия. При разведении водорослевых экстрактов до 5% концентрации фагоцитоз заметно угнетался. После тридцатидневного приема геля ФАН у всех участников эксперимента увеличился в среднем на 23%, ФЧ – на 10%, АФП возрос от 2,1 до 42%. Иммуностимулирующий эффект оказался наибольшим для экстрактов *Alaria*, наименьшим – для *Fucus*. Результаты эксперимента позволяют рекомендовать препараты из камчатских бурых водорослей в качестве адаптогенов.

Ключевые слова: водорослевый гель, Камчатка, нейтрофилы крови, праймирование, фагоцитарная активность, экстракты водорослей, *Alaria esculenta*, *Hedophyllum bongardianum*, *Fucus distichus*.

MODULATION OF NEUTROPHILS PHAGOCYTIC ACTIVITY USING PRODUCTS MANUFACTURED FROM THE BROWN ALGAE FROM KAMCHATKA

Perervenko O.V.¹, Medzhidova Kh.M.¹, Klochkova N.G.²

¹ Federal State Institution “1477 Naval Clinical Hospital”, Branch № 2, Petropavlovsk-Kamchatsky, Ammonalnaya pad Str. 1.

² Kamchatka Branch of Pacific Geographycal Institute of FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Partizanskaya Str. 6.

In this paper, we present data on the influence of products produced from the kelp seaweeds, such as gel from *Hedophyllum bongardianum* and extracts from *H. bongardianum*, *Alaria esculenta* and *Fucus distichus*, on the modulation of phagocytic activity of human blood neutrophils. Our experiment involved

16 volunteers who took 15 g of algal gel daily for 30 days. Before and after the experiment, their blood was taken for general analysis and also to study the level of immunomodulation after priming exposure to different concentrations (0.5, 1, 2, 5%) of algal extracts. The nonspecific resistance of the experiment participants' body was assessed by the following indicators: phagocytic activity of neutrophils, phagocytic number, absolute phagocytic index, and sum of phagocytosis. Algal extracts diluted with saline to a concentration of 2% showed the highest priming effect on the blood of examined individuals taken both before and after the consumption of algal gel *per os*. Low concentrations (0.25 and 0.5%) did not have a stimulating effect. When algal extracts were diluted to 5% concentration, phagocytosis was noticeably inhibited. After 30 days of consuming the algal gel, the phagocytic activity of neutrophils in all participants increased by an average of 23%, phagocytic number by 10%, and absolute phagocytic index from 2.1 to 42%. The immunostimulating effect was greatest for *Alaria* extracts, and the lowest for *Fucus* extracts. The experimental results allowed us to recommend products from Kamchatka's kelp seaweeds as adaptogenic substances.

Key words: algal gel, Kamchatka, blood neutrophils, priming, phagocytic activity, algal extracts, *Alaria esculenta*, *Hedophyllum bongardianum*, *Fucus distichus*.

ВВЕДЕНИЕ

Полноценное сбалансированное питание способствует укреплению иммунитета, нормализации функционального баланса всех систем организма. Концепция здорового питания предполагает использование в пищу продуктов с высоким содержанием растительных волокон, разнообразным составом органических и минеральных веществ. Этим обуславливается повышенный интерес к съедобным морским водорослям и продуктам их химической переработки [Клочкова, Березовская, 1997]. Внимание к ним объясняется ярко выраженными лечебно-профилактическими свойствами их разных представителей [Разумов, 2004; Кусайкин, 2019]. Водоросли, особенно бурые, содержат в своем составе уникальные полисахариды, обладающие широким полифункциональным спектром физиологического воздействия [Хильченко и др., 2018], в том числе антиоксидантным [Одинец и др., 2015; Аминина и др. 2017; Облучинская, 2018], онкопротекторным [Жанаева и др., 2009; Анисимова и др. 2015], иммуномодулирующим [Шевчук и др., 2004; Анастюк и др., 2014], противовирусным [Беседнова и др., 2021], нормализующим метабо-

лизм [Вялков и др., 2008], и другим [Подкорытова А.В., Рощина А.Н., 2021].

Установлено, что в результате универсальных углеводспецифических взаимодействий сульфатированных полисахаридов и мембранных рецепторов иммункомпетентных нейтрофилов инициируется развитие некоторых внутриклеточных биохимических процессов и последующая активация их морфологических, метаболических и функциональных изменений [Анисимова и др., 2015; Кузнецова и др., 2016]. Отметим, что большинство результатов изучения влияния водорослей и водорослевых препаратов были получены в ходе использования лабораторных животных, клеточных культур и при проведении экспериментов с кровью *in vitro*. Активация системы врожденного иммунитета у человека под действием пищевых продуктов из бурых водорослей до сих пор никак не изучалась.

Одним из направлений переработки ламинариевых и фукусовых является получение водорослевых гелей путем их термощелочной обработки [Суховеева, Подкорытова, 2006; Клочкова, Салтанова, 2020; Клочкова, 2021]. Современные технологии его производства позволяют

сохранять в нем все биологически активные компоненты: витамины, аминокислоты, низкомолекулярные сахара, гормоноподобные соединения, полиненасыщенные жирные кислоты, сульфатированные полисахариды, органический йод и др.

Преимущество водорослевых гелей перед другими пищевыми продуктами из водорослей обеспечивается разрушением в ходе их получения клеточных стенок, результатом чего становится большая доступность ценных внутриклеточных соединений и макромолекул для усвоения организмом. Это делает гели из водорослей очень востребованными при лечении и профилактике самых разных заболеваний. Их влияние на иммуномодулирующую активность фагоцитов человека при употреблении *per os* до сих пор не исследовалось. Приведенные ниже результаты частично восполняют этот пробел.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изучения воздействия водорослей на состояние здоровья человека использовали водорослевый гель, полученный из камчатской бурой водоросли *Hedophyllum bongardianum* по опубликованной ранее методике [Клочкова, Салтанова, 2020]. В эксперименте по определению иммуномодулирующего эффекта приняли участие 16 сотрудников Филиала № 2 военно-морского клинического госпиталя. Перед началом эксперимента все 16 добровольцев заполнили анкету, в которой по 10-балльной шкале ответили на пять вопросов, отражающих общее состояние здоровья (самочувствие, аппетит, сон, работоспособность, стрессоустойчивость), и прошли обследование на общий анализ крови, которую брали из кубитальной вены в вакутейнер-пробирку с К2-ЭДТА в объеме 10 мл. После этого в течение 30 дней каждый участ-

ник принимал водорослевый гель три раза в день по 5 г во время еды. После завершения эксперимента участники вновь заполнили анкету с теми же вопросами, и у них повторно был проведен общий анализ крови. Сравнение начальных и конечных результатов анализов позволило рассуждать о воздействии водорослевого геля на фагоцитарную активность нейтрофилов. Последнюю определяли в экспериментах *in vitro*.

Используя венозную кровь, взятую в начале и конце описанного выше эксперимента, провели изучение воздействия на фагоцитарную активность водорослевых экстрактов, полученных из *H. bongardianum*, *Alaria esculenta* (порядок Laminariales) и *Fucus distichus* (порядок Fucales). Указанные виды были собраны 20.08.2019 г. у о. Старичков, расположенного в Авачинском заливе (Юго-Восточная Камчатка), и находились в фертильном состоянии.

Для получения экстрактов из водорослей использовали дистиллированную воду. Соотношение их измельченных слоевищ и воды составляло 1 : 1,5. Экстракцию вели в термостате при температуре 40°C в течение 36 часов. Полученные экстракты после фильтрации хранили в холодильнике при температуре 4°C в емкостях из темного стекла.

Для экспериментов *in vitro* по определению влияния водорослевых экстрактов на активность фагоцитов использовали кровь тех же добровольцев, взятую до начала приема геля и после его тридцатидневного употребления. Проба крови каждого добровольца аликвотировалась по пробиркам типа эппендорф на 29 мини-проб по 250 мкл каждая. Две из них использовали в качестве контроля, в 27 остальных добавляли разведенные в физрастворе до концентрации 0,25; 0,5; 1; 2; 5; 10; 15; 20 и 25% экстракты *A. esculenta*, *H. bongardianum* и *F. distichus*, т. е. по 9 эппендорфов для каждого вида водорослей.

Подготовленные таким образом пробы крови инкубировали, шейкируя в термостате при 37°C в течение 30 мин. После этого в них добавляли по 125 мкл раствора суточной культуры бактерии штамма ВКПМ В-8172 *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, оттитрованного с применением бактериального стандарта мутности $1 \cdot 10^8$ КОЕ/мл по McFarland, изготовленного государственным НИИ стандартизации и контроля биологических препаратов им. Л.А. Тарасевича. Далее пробирки вновь выдерживали в термостате в режиме шейкирования при той же температуре 30 мин. С использованием общепринятой методики из материала каждой пробы готовили по два мазка, окрашивали их по методу Романовского – Гимзы и изучали под микроскопом Leysa DM500 с использованием объектива Plan100×/1.25 Oil. Для микрофотографирования использовали микроскоп Olympus BX53. Изучение препарата завершали после нахождения в нем 100 нейтрофилов и определения в каждом из них количества поглощенных бактерий. Схематично ход проведения экспериментов показан на рисунке 1.

Количество лейкоцитов в периферической крови и лейкоцитарную формулу оп-

ределяли общепринятыми методами. Для оценки активности фагоцитоза использовали такие широко распространенные в иммунологии показатели, как фагоцитарная активность нейтрофилов периферической крови (ФАН, %), фагоцитарное число (ФЧ, ед.) как среднее число микробов, поглощенных одним фагоцитом [Меньшиков и др., 1987], абсолютный фагоцитарный показатель (АФП, ед.) [Коваленко и др., 1988] и предложенный нами показатель (сумма фагоцитоза – СФ, ед.). Первый представляет собой соотношение фагоцитирующих нейтрофилов к их общему числу, второй – среднее число микробов, поглощенных одним фагоцитом, третий – произведение числа лейкоцитов, нейтрофилов, ФАН и ФЧ.

Всего в ходе эксперимента было изучено более 1 500 морфологических препаратов из 1 189 минипроб крови. Для проведения сравнительного анализа и статистической достоверности исследований использовали непараметрические статистические методы. Полученные значения микроисследований сводили в Excel таблицы и обрабатывали по программе Statistica ver. 10.0.

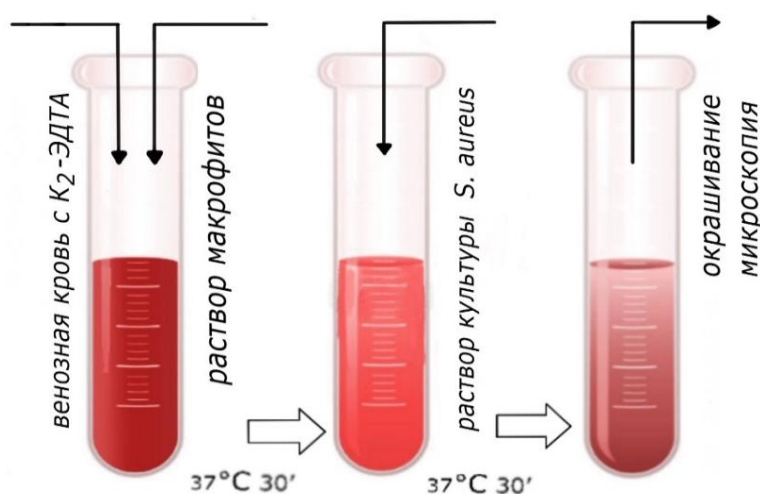


Рис. 1. Схематическое изображение постановки эксперимента реакции фагоцитоза

Fig. 1. Schematic drawing of phagocytosis reaction experiment

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Данные обработки анкет участников эксперимента, заполненных до принятия *per os* геля из *H. bongardianum* и после 30 дней его употребления, показаны в таблице 1. Сравнение показателей свидетельствует о том, что у лиц, ежедневно принимавших гель, несколько улучшились самочувствие и сон и заметно повысились работоспособность, стрессоустойчивость. Они также отмечали улучшение своего психосоматического состояния. На состояние аппетита гель влияния не оказал. Тем не менее участники эксперимента отметили некоторое улучшение работы их желудочно-кишечного тракта.

Изменения показателей общего анализа крови у лиц, принимавших гель, приведены в таблице 2. Наиболее заметным образом в лейкоцитарном звене клинического анализа крови в сторону уменьшения изменилось содержание палочкоядерных нейтрофилов, моноцитов, эозинофилов и базофилов. При этом доли лимфоцитов и зрелых нейтрофилов увеличились. Чтобы судить об изменениях неспецифической резистентности иммунной системы участников эксперимента в соответствии с опи-

санной выше методикой были определены округленные до целых чисел показатели ФАН, ФЧ, СФ, полученные при статистической обработке анализов 16 человек, начавших и завершивших эксперимент. При этом за 100% были приняты абсолютные значения этих показателей.

Из данных, представленных в таблице 3, видно, что прием участниками эксперимента водорослевого геля оказал положительное влияние на состояние их фагоцитарного профиля. Так, ФАН увеличилась на 23%, ФЧ на 10% и СФ на 12%, что свидетельствует о том, что праймированию подвергся почти каждый четвертый нейтрофил, у этих клеток увеличилась поглотительная способность, одновременно возросло число активных фагоцитарных клеток.

Одним из важнейших показателей работы неспецифического профиля иммунной системы является абсолютный фагоцитарный показатель (АФП). Он, как это было сказано выше, определяется по результатам общего анализа крови как произведение четырех значений: количества лейкоцитов, суммы всех нейтрофилов, ФАН, ФЧ – и выражается в единицах. Изменения АФП у 16 завершивших эксперимент участников приведены на рисунке 2.

Таблица 1. Изменение общего состояния здоровья участников эксперимента по данным обработки анкет

Table 1. Changes in the general state of health in the participants of the experiment according to the questionnaire processing data

Показатели общего состояния	Перед началом эксперимента	После завершения эксперимента	Изменения показателей общего состояния
Самочувствие	7	9	Общее улучшение
Аппетит	7	7	Изменения отсутствуют
Сон	6	7	Улучшение
Работоспособность	5	9	Заметное улучшение
Стрессоустойчивость	5	8	Повышение

Таблица 2. Относительное (%) содержание лейкоцитов в крови участников эксперимента в его начале и после ежедневного тридцатидневного приема *per os* водорослевого геля из *Hedophyllum bongardianum*

Table 2. Relative (%) content of leukocytes in the blood of individuals who took part in the experiment at its beginning and after a daily 30-days-long consumption *per os* of the algal gel from *Hedophyllum bongardianum*

Этап эксперимента	Лимфоциты	Нейтрофилы палочко-ядерные	Нейтрофилы сегменто-ядерные	Моноциты	Эозино-филы	Базофилы
Начало	19,6 ± 1,8	7,3 ± 0,6	54,1 ± 5,3	10,2 ± 0,9	7,1 ± 0,7	1,7 ± 1,0
Конец	27,4 ± 2,5	4,1 ± 0,4	56,3 ± 5,1	7,6 ± 0,6	3,9 ± 0,3	0,7 ± 0,5
Границы нормы	19–37	1–5	47–72	2–10	1–5	0,1–1

Таблица 3. Фагоцитарная активность нейтрофилов (ФАН, %), фагоцитарное число (ФС, ед.) и сумма фагоцитоза (СФ, ед.) у участников эксперимента в его начале и конце, после тридцатидневного приема *per os* водорослевого геля из *Hedophyllum bongardianum*, выраженные в относительных (%) показателях

Table 3. Phagocytic activity of neutrophils (%), phagocytic number (units) and the sum of phagocytosis (units) in individuals who took part in the experiment at its beginning and after a daily 30-days-long consumption *per os* of algal gel from *Hedophyllum bongardianum* (expressed in relative (%) units)

Этап эксперимента	ФАН, %	ФС, ед.	СФ, ед.
Начальный, до приема водорослевого геля	68	90	86
После тридцатидневного приема водорослевого геля	100*	100*	100*

* Максимальные значения показателей, принятые за 100%

* The maximum values of indicators taken as 100%

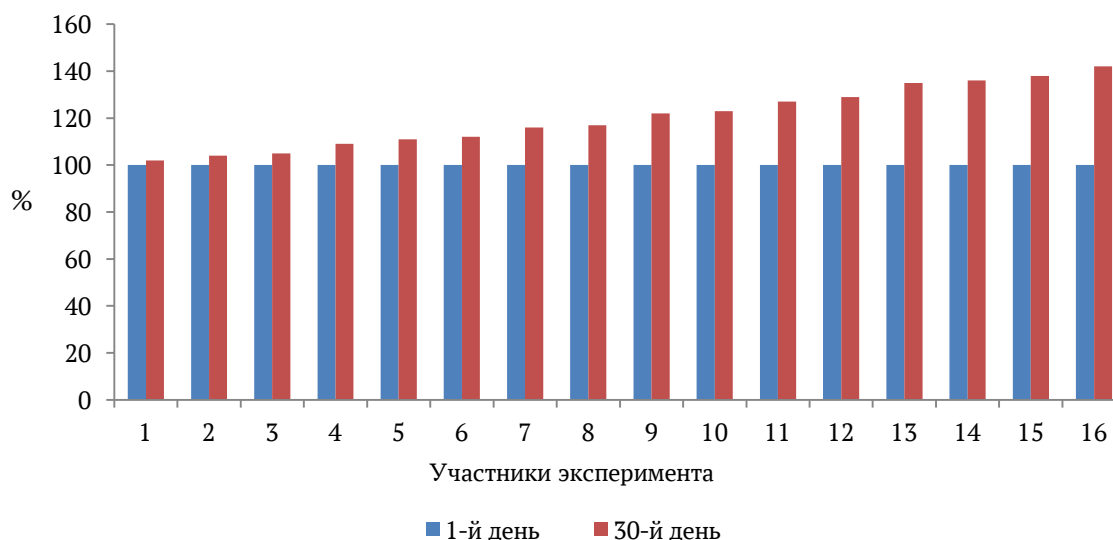


Рис. 2. Определение контрольной фагоцитарной активности нейтрофилов крови участников эксперимента в его начале и после ежедневного тридцатидневного приема *per os* водорослевого геля из *Hedophyllum bongardianum*. Начальный результат принят за 100%

Fig. 2. Determination of the control phagocytic activity of blood neutrophils in individuals who took part in the experiment at its beginning and after a daily 30-days-long consumption *per os* of the algal gel from *Hedophyllum bongardianum*. The initial result is considered as 100%

Из рисунка 2 видно, что абсолютно у всех лиц после ежедневного употребления геля в течение 30 дней этот показатель в разной степени увеличился, у половины обследованных на 20–40%. Стоит отметить, что наиболее выраженным был эффект у сотрудников госпиталя, возраст которых был от 41 до 45 лет. У самых молодых участников эксперимента в возрасте 22–26 лет изменение показателей составило всего 2,3–5%. Различия АФП у разных возрастных групп объясняются, скорее всего, тем, что в молодом возрасте иммунная система активнее, чем в более зрелом, и иначе реагирует на праймирование нейтрофилов.

Т.А. Кузнецовой с соавторами [2016] и Н.Н. Беседновой с соавторами [2021] было выполнено исследование по модулированию функциональной активности клеток врожденного иммунитета. Они в своем эксперименте использовали сульфатированные полисахариды, выделенные из *F. distichus (evanescens)*, и продукты ферментативной трансформации и показали их эффективное воздействие на клетки врожденного иммунитета, в том числе активность нейтрофилов, обусловленную активацией рецепторов их клеточных мембран.

В исследовании Н.Ю. Анисимовой с соавторами [2015] была показана высокая иммунотропная активность к эффекторам врожденного иммунитета. Наиболее мощный эффект она наблюдала под воздействием высокомолекулярного фукоидана из хордариевой бурой водоросли *Chordaria flagelliformis*. Он увеличивал относительное количество активных фагоцитов и их поглотительную способность. Влияние на фагоцитарную активность фукоидансодержащих морских водорослей *A. esculenta* и *H. bongardianum* изучалось нами впервые.

В ходе экспериментов *in vitro* мы выяснили воздействие их водорослевых экстрактов на активность фагоцитоза у участников эксперимента как до, так и после приема водорослевого геля. При этом нам представлялось важным выявить для каждого вида водоросли оптимальную концентрацию праймирующих растворов. В таблицах 4–6 приведены данные по изменению фагоцитарной активности у участников эксперимента после праймирования нейтрофилов растворами экстрактов разной концентрации из разных видов водорослей, произошедшему после употребления ими водорослевого геля.

Таблица 4. Влияние разноконцентрированных растворов экстрактов из *Alaria esculenta* на фагоцитарную активность нейтрофилов в пробах крови участников эксперимента до и после приема ими водорослевого геля из *Hedophyllum bongardianum*

Table 4. Effect of differently concentrated solutions of extract from *Alaria esculenta* on the phagocytic activity of neutrophils in the blood of individuals who took part in the experiment at its beginning and after a daily 30-days-long consumption *per os* of algal gel from *Hedophyllum bongardianum*

Разведение раствора		Фагоцитарная активность нейтрофилов (ФАН, %)	Фагоцитарное число (ФЧ, ед.)	Сумма фагоцитоза (СФ, ед.)	Абсолютный фагоцитарный показатель (АФП, ед.)
Показатели до приема водорослевого геля					
2%	1/50	54,5 ± 4,9	6,6 ± 0,5	93,2 ± 9,1	156 ± 12,5
1%	1/100	47,2 ± 4,3	5,5 ± 0,5	71,2 ± 7,0	127 ± 11,3
0,5%	1/200	41,5 ± 4,0	4,9 ± 0,44	67,5 ± 6,3	88,6 ± 8,1
Физраствор (контроль)		41,5 ± 3,9	4,6 ± 0,4	71,5 ± 6,9	98,1 ± 9,3
Показатели после приема водорослевого геля					
2%	1/50	62,2 ± 6,1	7,1 ± 0,6	103,4 ± 8,9	170,7 ± 15,3
1%	1/100	51,3 ± 4,8	6,4 ± 0,6	78,7 ± 7,3	141 ± 12,6
0,5%	1/200	43,7 ± 4,2	6,1 ± 0,4	76 ± 7,2	99,2 ± 8,4
Физраствор (контроль)		53,8 ± 5,1	5,1 ± 0,5	81,4 ± 7,2	116,4 ± 10,9

Таблица 5. Влияние разноконцентрированных растворов экстракта из *Hedophyllum bongardianum* на фагоцитарную активность нейтрофилов в крови участников эксперимента до и после приема водорослевого геля из *Hedophyllum bongardianum*

Table 5. Effect of differently concentrated solutions of extract from *Hedophyllum bongardianum* on the phagocytic activity of neutrophils in the blood of individuals who took part in the experiment at its beginning and after a daily 30-days-long consumption *per os* of algal gel from *Hedophyllum bongardianum*

Разведение раствора		Фагоцитарная активность нейтрофилов (ФАН, %)	Фагоцитарное число (ФЧ, ед.)	Сумма фагоцитоза (СФ, ед.)	Абсолютный фагоцитарный показатель (АФП, ед.)
Показатели до приема водорослевого геля					
2%	1/50	51,7 ± 4,1	6,8 ± 0,5	86 ± 7,9	148 ± 11,7
1%	1/100	58,6 ± 5,1	5,7 ± 0,5	79 ± 7,2	126 ± 12,4
0,5%	1/200	42,9 ± 4,0	5,4 ± 0,4	74 ± 7,3	87,8 ± 8,5
Физраствор (контроль)		41,5 ± 3,9	4,6 ± 0,4	71,5 ± 6,9	98,1 ± 9,3
Показатели после приема водорослевого геля					
2%	1/50	56,3 ± 5,4	7,1 ± 0,5	100,7 ± 9,3	153 ± 13,6
1%	1/100	59,4 ± 5,3	6,7 ± 0,5	89,4 ± 8,2	140,6 ± 12,4
0,5%	1/200	48,7 ± 4,6	5,8 ± 0,5	81,2 ± 7,5	117 ± 10,4
Физраствор (контроль)		53,8 ± 5,1	5,1 ± 0,5	81,4 ± 7,2	116,4 ± 10,9

Таблица 6. Влияние разноконцентрированных растворов экстракта из *Fucus distichus* на фагоцитарную активность нейтрофилов в пробах крови участников эксперимента до и после приема ими водорослевого геля из *Hedophyllum bongardianum*

Table 6. Effect of differently concentrated solutions of extract from *Fucus distichus* on the phagocytic activity of neutrophils in the blood of individuals who took part in the experiment at its beginning and after a daily 30-days-long consumption *per os* of algal gel from *Hedophyllum bongardianum*

Разведение раствора		Фагоцитарная активность нейтрофилов (ФАН, %)	Фагоцитарное число (ФЧ, ед.)	Сумма фагоцитоза (СФ, ед.)	Абсолютный фагоцитарный показатель (АФП, ед.)
Показатели до приема водорослевого геля					
2%	1/50	45,5 ± 3,9	5,6 ± 0,5	84 ± 7,8	139 ± 11,5
1%	1/100	43,3 ± 4,1	5,5 ± 0,4	79 ± 0,7	127 ± 11,6
0,5%	1/200	37,2 ± 3,5	4,8 ± 0,4	70,3 ± 7,1	90,1 ± 8,8
Физраствор (контроль)		41,5 ± 3,9	4,6 ± 0,4	71,5 ± 6,9	98,1 ± 9,3
Показатели после приема водорослевого геля					
2%	1/50	54,9 ± 5,1	6,7 ± 0,6	97,3 ± 8,2	153,5 ± 11,2
1%	1/100	49,1 ± 3,8	6,1 ± 0,5	92,8 ± 8,7	149,1 ± 12,7
0,5%	1/200	45,9 ± 4,4	5,5 ± 0,5	80,4 ± 7,9	101,8 ± 10,3
Физраствор (контроль)		53,8 ± 5,1	5,1 ± 0,5	81,4 ± 7,2	116,4 ± 10,9

Из таблицы 4 видно, что наибольшее праймирующее воздействие на нейтрофилы оказал 2%-й раствор концентрированного экстракта из *A. esculenta*. При его добавлении в кровь АФП возрос более чем в 1,5 раза, по сравнению с воздействием физраствора, служившего контрольной пробой. Тот же показатель у лиц после тридцатидневного употребления геля увеличился еще больше, причем не только под воздействием двух- и однопроцентных растворов,

но и в контрольной пробе. Концентрация раствора 0,5% оказала на фагоцитарную активность ингибирующее воздействие. Это видно по уменьшению на 12% значения АФП. Интересно отметить, что после использования геля та же концентрация раствора привела к угнетению фагоцитоза в еще большей мере – 17%.

Сравнение показателей фагоцитарной активности до и после приема геля показало, что на фоне его регулярного приема

значения ФАН, ФЧ и СФ также возрастают. Это однозначно свидетельствует о высоком праймирующем воздействии биологически активных веществ, экстрагированных из *A. esculenta*. Но степень этой активности во многом определяется мерой их воздействия, зависящей от концентрации использованных в эксперименте растворов.

В таблице 5 приведены результаты изучения воздействия разноконцентрированных растворов, приготовленных из экстракта *H. bongardianum*. Из представленных данных видно, что положительный эффект их использования очевиден, хотя он и несколько ниже, чем у *A. esculenta*. Так, АФП в экспериментах с *H. bongardianum* при воздействии на кровь ее раствора с 2%-й концентрацией был меньше, чем у *A. esculenta*, на 8 единиц до использования геля и на 17 единиц после ее применения. При анализе данных, приведенных в таблице 5, видно, что однопроцентный раствор из этого вида повышает адгезивную способность нейтрофилов. Об этом свидетельствует значение ФАН. Значения ФЧ в свою очередь показывают, что наибольшая поглотительная способность у нейтрофилов появляется при воздействии на них 2%-го раствора экстракта обсуждаемого вида. Самая низкая концентрация раствора 0,5% не вызывает такого ингибирующего эффекта, как в случае с *A. esculenta*.

При изучении праймирующего воздействия на фагоциты растворов из экстракта *F. distichus* (табл. 6) обнаружились те же тенденции. Самым активным воздействием обладал раствор с концентрацией 2%, но его влияние было меньшим, чем у *H. bongardianum* и *A. esculenta*. Экстракт из *F. distichus*, разведенный до 0,5%, не оказывал заметного ингибирующего воздействия, особенно до употребления геля.

Анализируя в целом показатели, приведенные в таблицах 4–6, отметим, что фа-

гоцитарная активность резко увеличивалась при воздействии на кровь двухпроцентных растворов экстрактов из всех изученных видов. После употребления геля их воздействие усиливалось. Лучшие результаты праймирования фагоцитов наблюдались при добавлении в пробы крови растворов, полученных из экстрактов *A. esculenta*, наименьшие – из *F. distichus*. Во всех образцах крови при добавлении 5% растворов и растворов с еще большей концентрацией отмечалось заметное угнетение общей фагоцитарной активности нейтрофилов. При добавлении 0,25%-х растворов были получены значения, близкие к таковым в контрольных пробах.

Проведенный эксперимент показал, что использование водорослевого геля *per os* усилило действие праймирующих растворов, полученных из экстрактов всех изученных видов водорослей. Это особенно ярко отражает абсолютный фагоцитарный показатель, который для *A. esculenta* возрос на 54 единицы и на 37 при активации фагоцитоза растворимыми соединениями *H. bongardianum* и *F. distichus*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гель из морских водорослей уже неоднократно подвергался изучению как лечебно-профилактический препарат.

В нашем исследовании впервые было определено его влияние на иммуномодулирующую активность фагоцитов крови человека. Нами были получены количественные данные, основанные на клинических анализах крови участников проведенного эксперимента. Отметим также, что впервые в медицинской практике изучалось влияние водорослевого геля из *H. bongardianum* и водорослевых экстрактов, полученных из *A. esculenta*, *H. bongardianum* и *F. distichus*.

В целом результаты эксперимента позволяют утверждать, что изученные виды водорослей являются хорошими иммуномодуляторами и что уровень активации фагоцитарных нейтрофилов напрямую зависит от концентрации праймирующих растворов. Она, судя по полученным нами данным, лежит в достаточно узком диапазоне, и ее изменение буквально на 1–3% уже либо уменьшает фагоцитарный эффект, либо вовсе ингибирует деятельность нейтрофилов.

Резкое повышение фагоцитарного профиля иммунитета наряду с улучшением лимфоцитарного, нейтрофильного, моноцитарного и эозинофильного пулов клинических анализов крови служит свидетельством напряженного состояния иммунной защиты у участников эксперимента. Поскольку это были лица разного пола в возрасте 20–45 лет, их можно рассматривать как случайную выборку, отражающую общее состояние здоровья населения, проживающего в гипокомфортных условиях Камчатского края. На этом основании можно говорить о необходимости проведения здесь профилактических мероприятий и рекомендовать гель из *H. bongardianum* в качестве адаптогена. Эксперимент показал, что ежедневный прием 15 г геля в сутки улучшает формулу крови, нейтрофильную фагоцитарную активность и общее состояние здоровья. Результаты экспериментов *in vitro* позволяют предполагать, что водорослевый гель из *A. esculenta* может оказаться еще более эффективным для этой цели, однако данное предположение требует отдельного исследования.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят начальника филиала № 2 ФГКУ «1477 Военно-морской клинический госпиталь» Минобороны РФ

подполковника Д.В. Локтионова за помощь в организации исследований и поддержку, способствовавшую успеху проведенных экспериментов, а также всех сотрудников, согласившихся принять участие в наших исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

- Анастасюк С.Д., Беседнова Н.Н., Богданович Л.Н. 2014. Фукоиданы – сульфатированные полисахариды бурых водорослей. Структура и биологические свойства. Владивосток: ТИБОХ ДВО РАН. 380 с.
- Аминина Н.М., Вишневская Т.И., Караулова Е.П. и др. 2017. Содержание полифенолов и антиоксидантная активность экстрактов из некоторых видов морских водорослей. *Известия ТИНРО*. Т. 189. № 2. С. 184–191.
- Анисимова Н.Ю., Устюжанина Н.Е., Доненко Ф.В. 2015. Влияние фукоиданов на противоопухолевую и фагоцитарную активность лейкоцитов крови человека. *Биохимия*. Т. 80. Вып. 7. С. 1099–1108.
- Беседнова Н.Н., Звягинцева Т.Н., Андрюков Б.Г. 2021. Сульфатированные полисахариды морских водорослей как потенциальные средства профилактики и терапии гриппа и COVID-19. *Антибиотики и химиотерапия*. Т. 66. № 7–8. С. 50–66.
- Вялков А.Н., Козлов В.К., Бобровницкий А.И. и др. 2008. Морские водоросли в восстановительной медицине, комплексной терапии заболеваний с нарушением метаболизма. Москва: МДВ. 156 с.
- Жанаева С.Я., Алексеенко Т.В., Короленко Т.А. и др. 2009. Противоопухолевая и антиметастатическая активность сульфатированного полисахарида фукоидана бурой водоросли Охотского моря *Fucus evanescens*. *Тихоокеанский медицинский журнал*. № 3. С. 96–99.
- Клочкова Н.Г., Березовская В.А. 1997. Водоросли Камчатского шельфа. Распространение, биология, химический состав. Владивосток; Петропавловск-Камчатский: Дальнаука. 153 с.
- Клочкова Т.А. 2021. Получение альгинатсодержащего геля из камчатской бурой ламинариевой водоросли *Eualaria fistulosa*. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 56. С. 28–41.
- Клочкова Т.А., Салтанова Н.С. 2020. Деструкция тканей бурой водоросли *Saccharina bongardiana* в процессе термощелочной обработки при получении биогеля. *Вестник*

- Камчатского государственного технического университета. № 52. С. 27–39.
- Кузнецова Т.А., Смолина Т.П., Беседнова Н.Н. 2016. Влияние сульфатированных полисахаридов из бурой водоросли *Fucus evanescens* и продукта его ферментативной трансформации на функциональную активность клеток врожденного иммунитета. *Антибиотики и химиотерапия*. Т. 61. № 7–8. С. 10–14.
- Кусайкин М.И. 2019. Морские природные соединения как активные компоненты эффективных лекарств, БАД, функциональных продуктов питания и косметических средств. *Вестник ДВО РАН*. № 5. С. 153–157.
- Облучинская Е.Д. 2018. Антиоксидантные комплексные экстракты из фукусовых водорослей Баренцева моря. *Вестник Мурманского государственного технического университета*. Т. 21. № 3. С. 395–401.
- Одинец А.Г., Орлов О.И., Ильин В.К. 2015. Радиопротекторные и антиоксидантные свойства геля из бурых морских водорослей. *Вестник восстановительной медицины*. № 6. С. 89–95.
- Подкорытова А.В., Рощина А.Н. 2021. Морские бурые водоросли – перспективный источник БАВ для медицинского, фармацевтического и пищевого применения. *Труды ВНИРО*. Т. 186. № 4. С. 156–172.
- Разумов А.И. 2004. Влияние геля из бурых морских водорослей на иммунитет, функцию внутренних органов. Технология изготовления, использования для диетического и лечебно-профилактического питания. Москва: Медицина для всех. 230 с.
- Суховеева М.В., Подкорытова А.В. 2006. Промысловые водоросли и травы морей Дальнего Востока: биология, распределение, запасы, технология переработки. Владивосток: ТИНРО-центр. 243 с.
- Хильченко С.Р., Запорожец Т.С., Звягинцева Т.Н. и др. 2018. Фукоиданы бурых водорослей: влияние элементов молекулярной архитектуры на функциональную активность. *Антибиотики и химиотерапия*. Т. 63. № 9–10. С. 69–79.
- Шевчук О.В., Меньшикова Е.А., Бубнова О.С. и др. 2004. Влияние препаратов водорослевого происхождения на состояние иммунной системы человека. *Медицинская иммунология*. Т. 6. С. 471.
- the brown algae. Structure and biological properties. Vladivostok: TIBOKH DVO RAS. 380 p. (in Russian).
- Aminina N.M., Vishnevskaya T.I., Karaulova E.P. et al. 2017. Polyphenol content and antioxidant activity of extracts from some seaweed species. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 189. № 2. P. 184–191 (in Russian).
- Anisimova N.Yu., Ustyuzhanina N.E., Donenko F.V. 2015. The influence of fucoidans on the anti-tumor and phagocytic activity of human blood leukocytes. *Biohimija (Biochemistry)*. Vol. 80. Issue 7. P. 1099–1108 (in Russian).
- Besednova N.N., Zvyagintseva T.N., Andryukov B.G. 2021. Sulfated seaweed polysaccharides as potential agents for the prevention and therapy of influenza and COVID-19. *Antibiotiki i himioterapiya (Antibiotics and Chemotherapy)*. Vol. 66. № 7–8. P. 50–66 (in Russian).
- Vyalkov A.N., Kozlov V.K., Bobrovniksky A.I. et al. 2008. Seaweeds in restorative medicine, complex therapy of diseases with metabolic disorders. Moscow: MDV. 156 p. (in Russian).
- Zhanaeva S.Ya., Alekseenko T.V., Korolenko T.A. et al. 2009. Antitumor and antimetastatic activity of sulfated fucoidan polysaccharide from the brown algae *Fucus evanescens* from the Sea of Okhotsk. *Tihookeanskij medicinskij zhurnal (Pacific Medical Journal)*. № 3. P. 96–99 (in Russian).
- Klochko N.G., Berezovskaya V.A. 1997. The seaweeds of Kamchatka's shelf. Biology, distribution, chemical composition. Vladivostok, Petropavlovsk-Kamchatsky: Dalnauka Publ. 153 p. (in Russian).
- Klochko T.A. 2021. Obtaining alginate-containing gel from the brown kelp seaweed *Eularia fistulosa* from Kamchatka. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 56. P. 28–41 (in Russian).
- Klochko T.A., Saltanova N.S. 2020. Tissue destruction in the brown alga, *Saccharina bongardiana*, during the process of thermal-alkalin treatment when producing biogel. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 52. P. 27–39 (in Russian).
- Kuznetsova T.A., Smolina T.P., Besednova N.N. 2016. The influence of sulfated polysaccharides from the brown alga *Fucus evanescens* and the product of its enzymatic transformation on the functional activity of innate immune cells. *Antibiotiki i himioterapiya (Antibiotics and Chemotherapy)*. Vol. 61. № 7–8. P. 10–14 (in Russian).

REFERENCES

Anastyuk S.D., Besednova N.N., Bogdanovich L.N. 2014. Fucoidans are sulfated polysaccharides of

- Kusaikin M.I. 2019. Marine natural compounds as active components of effective drugs, dietary supplements, functional foods and cosmetics. *Vestnik dal'nevostochnogo otdeleniya RAN (Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences)*. № 5. P. 153–157 (in Russian).
- Obluchinskaya E.D. 2018. Antioxidant complex extracts from fucus algae of the Barents Sea. *Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of the Murmansk State Technical University)*. Vol. 21. № 3. P. 395–401 (in Russian).
- Odinets A.G., Orlov O.I., Ilyin V.K. 2015. Radioprotective and antioxidant properties of brown seaweed gel. *Vestnik vosstanovitel'noj mediciny (Bulletin of Rehabilitation Medicine)*. № 6. P. 89–95 (in Russian).
- Podkorytova A.V., Roshchina A.N. 2021. Marine brown algae are promising source of biologically active substances for medical, pharmaceutical and food applications. *Trudy VNIRO (Proceedings VNIRO)*. Vol. 186. № 4. P. 156–172 (in Russian).
- Razumov A.I. 2004. Effect of brown seaweed gel on immunity, function of internal organs. Manufacturing technology, use for dietary and therapeutic nutrition. Moscow: Medicine for everyone Publ. 230 p. (in Russian).
- Sukhovееva M.V., Podkorytova A.V. 2006. Commercial algae and grasses of the seas of the Far East: biology, distribution, reserves, processing technology. Vladivostok: TINRO-center. 243 p. (in Russian).
- Khilchenko S.R., Zaporozhets T.S., Zvyagintseva T.N. et al. 2018. Fucoidans from brown algae: the influence of molecular architecture features on functional activity. *Antibiotiki i himioterapiya (Antibiotics and Chemotherapy)*. Vol. 63. № 9–10. P. 69–79 (in Russian).
- Shevchuk O.V., Menshikova E.A., Bubnova O.S. et al. 2004. The influence of algal preparations on the state of the human immune system. *Meditsinskaja immunologiya (Medical Immunology)*. Vol. 6. P. 471 (in Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Перервенко Ольга Валентиновна – Филиал № 2 ФГКУ «1477 Военно-морской клинический госпиталь», 683015, Петропавловск-Камчатский, заведующая лабораторией поликлиники; perervenko2014@gmail.com. SPIN-код: 2914-3008; Author ID: 551049.

Perervenko Olga Valentinovna – Federal State Institution “1477 Naval Clinical Hospital”, Branch № 2, 683015, Petropavlovsk-Kamchatsky, Head of the Laboratory of the polyclinic; perervenko2014@gmail.com. SPIN-code: 2914-3008; Author ID: 551049.

Меджидова Хадижат Магомедовна – Филиал № 2 ФГКУ «1477 Военно-морской клинический госпиталь», 683015, Петропавловск-Камчатский, кандидат медицинских наук, заведующая лабораторным отделением; durialraal@mail.ru.

Medzhidova Khadizhat Magomedovna – Federal State Institution “1477 Naval Clinical Hospital”, Branch № 2, 683015, Petropavlovsk-Kamchatsky, Candidate of Medical Sciences, Head of the Laboratory; durialraal@mail.ru.

Клочкова Нина Григорьевна – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук, главный научный сотрудник; ninakl@mail.ru. SPIN-код: 4701-2618, Author ID: 344281; Scopus ID: 6602583957.

Klochkova Nina Grigorievna – Kamchatka Branch of Pacific Geophysical Institute (KB PGI) FEB RAS; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences; Chief Scientific Researcher; ninakl@mail.ru. SPIN-code: 4701-2618, Author ID: 344281; Scopus ID: 6602583957.

Статья поступила в редакцию 22.07.2022; одобрена после рецензирования 11.09.2023; статья принята к публикации 25.09.2023.

The article was submitted 22.07.2022; approved after reviewing 11.09.2023; accepted for publication 25.09.2023.

**МОРФОЛОГИЯ ЛИЧИНОК *SPIRONTOCARIS INTERMEDIA* MAKAROV,
КОВЯКОВА, 1936 (DECAPODA, THORIDAE) ИЗ ПРИКАМЧАТСКИХ ВОД**

Седова Н.А.

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

Из планктона прикамчатских вод выделены I–VI стадии зоэа *Spirontocaris intermedia* (сем. Thoridae). Выявлены основные морфологические различия личинок соответствующих стадий. Приведены описания и рисунки имеющихся стадий зоэа. Проведено сравнение личинок с близкородственным видом *S. spinus*. О близком родстве *S. spinus* и *S. intermedia* свидетельствуют сходные размеры личинок, строение максиллы, карапакса, плеона, переопод, уropод и тельсона. Имеются морфологические различия, не позволяющие отнести этих личинок к одному виду: длина рострума, морфология плеоподов, максиллул, второй и третьей максиллипед, антеннул и антенн на соответствующих стадиях развития, количество антеровентральных шипиков, а также гетерохрония в развитии конечностей *S. spinus*. Асимметрия строения характерна для карапакса, максиллулы, максиллы, первых максиллипед, скафоцерита. По степени развития большинства придатков заметно явное отставание в развитии *S. intermedia* по сравнению с *S. spinus*. Высказано предположение, что *S. intermedia* развивается за 7 стадий зоэа.

Ключевые слова: креветки, морфология личинок, северо-западная часть Тихого океана, Охотское море, *Spirontocaris intermedia*, *Spirontocaris spinus*.

**MORPHOLOGY OF LARVAE OF *SPIRONTOCARIS INTERMEDIA* MAKAROV,
KOVYAKOVA, 1936 (DECAPODA, THORIDAE)
FROM THE MARINE WATERS NEAR KAMCHATKA**

Sedova N.A.

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

The author identified I–VI zoeal stages of *Spirontocaris intermedia* (fem. Thoridae) from the plankton marine waters near Kamchatka peninsula. The basic morphological differences of larvae of the corresponding stages were identified. Descriptions and drawings of existing zoeal stages are given. A comparison of larvae with a closely related appearance of *S. spinus* was carried out. The close relationship of *S. spinus* and *S. intermedia* is evidenced by the similar sizes of larvae, the structure of maxillae, carapace, pleon, pereopods, uropods and telson. There are morphological differences that do not allow these larvae to be attributed to one species: the structure of rostrum, pleopodes, maxillule, the second and third maxilliped, antennules and antennae at the corresponding stages of development, as well as the number of anteroventral spine of carapace. The asymmetry of the structure is characteristic of carapace, maxillule, maxillae, the first maxilliped, scale. According to the degree of development of most appendages, a noticeable lag in the development of *S. intermedia* is noticeable compared to *S. spinus*. It is suggested that *S. intermedia* develops through 7 zoeal stages.

Key words: shrimp, morphology of larvae, northwestern part of the Pacific Ocean, Okhotsk Sea, *Spirontocaris intermedia*, *Spirontocaris spinus*.

ВВЕДЕНИЕ

Всестороннее изучение планктонных организмов, обитающих в океане, представляет собой одну из первостепенных задач современной биологической океанологии. У многих видов морских донных беспозвоночных решающую роль в расселении играет планктонная личинка. О личиночной биологии большинства видов рода *Spirontocaris* Spence Bate, 1888 известно мало из-за трудностей идентификации и большого сходства морфологии в этот период. Большая часть информации о личиночном развитии креветок семейства Thoridae основана на лабораторном выращивании личинок. Однако различия между естественными и лабораторными условиями могут искажать результаты, в частности могут быть пропущены или добавлены отдельные стадии. Идентификация личинок до вида может быть потенциально полезной для раннего предупреждения проникновения чужеродных видов, которые могут повлиять на экосистему. Особенно актуальна данная проблема в условиях глобального потепления.

Spirontocaris intermedia Makarov, Kobjakova, 1936 относится к наиболее многочисленным мелким креветкам, которые не образуют промысловых скоплений, но служат пищей для многих рыб и промысловых беспозвоночных. Данный вид обитает в холодноводной части моря на глубинах от 50 до 245 м при температурах около 0°C [Кобякова, 1937; Sokolov, 2001]. Биология взрослых форм креветок из рода *Spirontocaris* в российских водах изучена недостаточно. Отдельные сведения имеются для северной части Охотского моря [Бандурин, 2003, Бандурин, Карпинский, 2015] и восточной части Охотского моря [Sokolov, 2001].

Личиночные стадии присутствуют в планктоне в течение относительно ко-

роткого периода, причем держатся они над определенной частью шельфа (необходимо знать, над какой именно). По мере развития личинки креветок постепенно мигрируют ближе к берегам и оказываются в других районах. Как правило, в течение сезона исследователи производят не более одной планктонной съемки. Поэтому не всегда возможно поймать все стадии в течение одного вегетационного сезона в одном районе. В планктонных пробах из восточной части Охотского моря встречаются личинки *S. intermedia* II–VI стадий. Самых младших личинок удалось обнаружить в сборах, сделанных в районе Юго-Восточной Камчатки.

До сих пор существуют некоторые таксономические проблемы при описании видов рода *Spirontocaris*. Идентичность таксонов, относящихся к группе *Spirontocaris spinus* (Sowerby, 1805), т. е. *S. brevidigitata* Kobjakova, 1936, *S. spina intermedia* Makarov, Kobjakova, 1936 и *S. spina laevidens* Volk, Kobjakova, 1936, была предметом разногласий. Виноградов [1950] признал эти три таксона, хотя последние два были отнесены к подвидам *S. spinus*, вслед за Кобяковой [1936, 1937]. Хаяси [Hayashi, 1977] синонимизирует *S. brevidigitata*, *S. spina intermedia* и *S. spina laevidens* с *S. spinus*, так как признаки, используемые для дифференциации этих таксонов Кобяковой [1936, 1937] и Виноградовым [1950], являются переменными и, следовательно, не представляют какую-либо диагностическую значимость. Соколов [Sokolov, 2001] показал, что *S. spinus* и *S. intermedia* хорошо обособлены друг от друга, основываясь на анализе обширного материала из Охотского моря.

Изучение морфологии личинок вышеперечисленных видов может внести некоторую ясность в этот вопрос. Личинки *S. spinus* описаны для канадских вод [Squires, 1993]. Р.Р. Макаров [1966] в своей

монографии сделал неполные описания личинок восьми видов спиронтокарисов. Одна из серий личинок определена ошибочно как *S. intermedia*. Б.Г. Иванов [1971] вывел личинок этого вида от яйценосных самок и сделал описание первой стадии. Личинки, описанные Макаровым, данному описанию не соответствуют.

Цель работы – описать особенности личиночного развития креветок *S. intermedia*, обитающих в прикамчатских и сопредельных водах, выявить надежные признаки для видовой идентификации и провести сравнение их морфологии с описанными ранее личинками *S. spinus*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для данной работы послужили сборы планктона, выполненные сотрудниками КамчатНИРО в восточной части Охотского моря в июне – июле 2015, 2016 гг., а также в тихоокеанских водах у юго-восточного побережья Камчатки весной 2014, 2016 и 2017 гг. (рис. 1, табл. 1).

В тихоокеанских водах над глубинами 9–3 000 м, а в охотоморских рейсах над глубинами 5–560 м использовали ихтиопланктонную коническую сеть с диаметром входного отверстия 80 см и шагом ячеи 0,56 мм. Выполняли вертикальный тотальный лов в слое 500–0 м и от дна до поверхности при меньших глубинах. В Охотском море съемку проводили с юга на север в течение месяца. У юго-восточных берегов Камчатки съемку выполняли с севера на юг.

Личинок, фиксированных в 2–4%-м формалине, изучали под микроскопом при увеличении 32×, 56×, 120×. В каждой пробе определяли таксономический состав личинок и стадии их развития. Подробно изучали строение карапакса, плеона, тельсона и отдельных конечностей. Часть длинных щетинок изображали обрезанными. Особенности строения в случае необходимости указывали в описании. Вооружение щетинок в большинстве случаев на рисунке не изображали, чтобы не загромождать изображение.

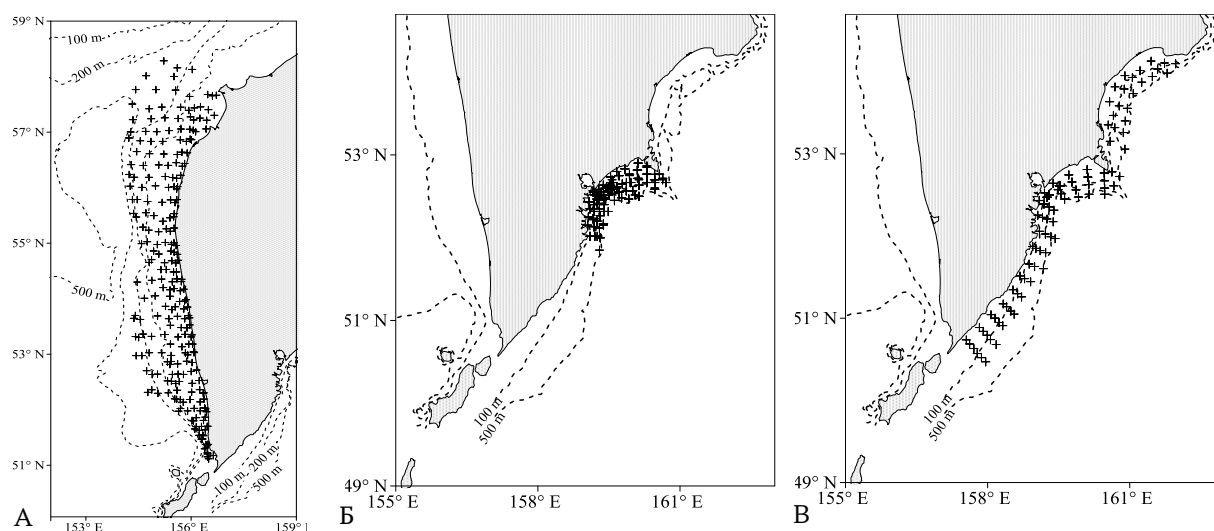


Рис. 1. Схема района съемок: А – схема расположения станций в районе Западной Камчатки (06.06–13.07.2015 г., 06.06–06.07.2016 г.); Б, В – схема расположения станций в районе Юго-Восточной Камчатки (Б – 12.03–19.06.2014 г., В – 23.04–25.05.2016 и 14.03–18.05.2017 г.)

Fig. 1. Scheme of the survey area: А – location of stations on Western Kamchatka (06.06–13.07.2015, 06.06–06.07.2016); Б, В – location of stations on South-Eastern Kamchatka (Б – 12.03–19.06.2014, В – 23.04–25.05.2016 and 14.03–18.05.2017)

Таблица 1. Использованный материал

Table 1. Material used in the study

Сроки взятия проб	Район исследования	
	ЗК	ЮБК
Март – июнь 2014 г.	–	IV
Июнь – июль 2015 г.	II, IV, V, VI	–
Июнь 2016 г.	IV	I
Апрель – май 2017 г.	–	I, II, III

Примечание. ЗК – восточная часть Охотского моря; ЮБК – Юго-Восточная Камчатка; I–VI – стадии зоэа.

Note. ЗК – Eastern part of Okhotsk Sea; ЮБК – South-Eastern Kamchatka; I–VI – zoeal stages.

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 залазничных шипов до конца рострума. Длину шипа скафоцерита выражали в виде отношения SP/p , где SP – общая длина скафоцерита, p – расстояние от основания шипа до переднего края пластины (рис. 2).

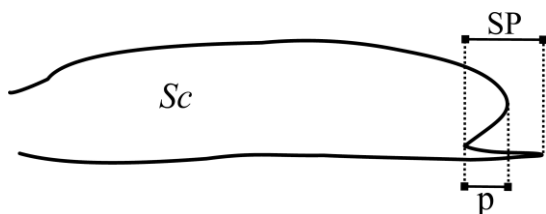


Рис. 2. Схема измерения шипа скафоцерита. Обозначения в тексте

Fig. 2. Scheme of the spike of scale. Designations are given in the text

Была составлена серия личинок на основании общности морфологии и размеров. Исходили из того, что усложнение морфологии отдельных структур и сегментов тела происходит постепенно. Каждая следующая стадия должна отличаться от предыдущей более сложным строением. Идентификацию личинок первой стадии проводили на основе имеющегося описания

Б.Г. Иванова [1971]. Последующие стадии этих видов подобраны из планктона.

При определении личиночной стадии исходили из того, что у I стадии зоэа антеннулы имеют несегментированное основание, скафоцерит не имеет сформированного шипа, а количество терминальных щетинок на тельсоне меньше по сравнению с последующими стадиями на одну пару. Зоэа II не должна иметь свободных уropодов, основание антеннулы 2-сегментное, а ветви антеннулы несегментированные, скафоцерит вооружен шипом. На III стадии зоэа имеются уropоды, эндоподит которых намного короче экзоподита и несет две короткие апикальные щетинки. На последующих стадиях тельсон постепенно сужается и удлиняется, ветви уropодов удлиняются, увеличивается количество щетинок. Не позднее чем на IV стадии зоэа экзоподит антеннулы сегментированный, с большим количеством эстетасков. На следующих стадиях количество сегментов экзоподита и эндоподита антеннулы постепенно увеличивается. Количество щетинок на базальном эндите максиллулы и скафогнатите увеличивается после каждой линьки. Плеоподы постепенно усложняются. Декаподитная стадия отличается от зоэа редуцированными экзоподитами переопод и максиллипед, меньшим количеством терминальных щетинок

на тельсоне, очень длинным жгутиком антенны и редуцированным коксальным и базальным эндитами максиллулы.

Для описания типа и вооружения щетинок использовали классификацию Гарма [Garm, 2004]: plumose setae – перистые щетинки, rapposerrate setae – колючие щетинки, serrate setae – зубчатые щетинки, simple setae – простые щетинки, cuspidate setae – остроконечные щетинки.

Обозначения и сокращения:

GV – общий вид, A1 – антеннула, A2 – антенна, Cp – карапакс, Mx1 – максиллула, Mx2 – максилла, Sg – скафогнатит; Sc – скафоцерит; Mp1–3 – первая – третья максиллипеды, P1–5 – первая – пятая переподы, pl 1–5 – первый – пятый плеоподы, T – тельсон, R – рострум, a.i. – appendix interna; RL – длина рострума, CL – длина карапакса, TL – общая длина, ЗК – Западная Камчатка (восточная часть Охотского моря); ЮВК – Юго-Восточная Камчатка. Прочерк в таблице обозначает отсутствие данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Личинки *S. intermedia* встречались у западного и юго-восточного побережья Камчатки. В шельфовой зоне Западной Камчатки в июне – июле 2015 г. личинки пойманы над глубинами от 20 до 119 м. Наибольшие уловы личинок отмечены на севере района, где максимальная плотность составила 38 экз/м² над глубиной 40 м. В июне – июле 2016 г. личинки отмечены над глубинами от 21 до 101 м, а максимальная плотность не превышала 8 экз/м². В это время личинки чаще попадали в пробы, собранные в южной части шельфа.

Во время съемки у юго-восточного побережья Камчатки в марте – июне 2014 г. единичные зоэа этого вида были отмечены лишь 16 июня на одной из станций в Авачинском заливе над глубинами 27 м. В ап-

реле – мае 2017 г. личинок обнаружено больше, и они были распространены от южной оконечности Камчатки до Кроноцкого залива. Плотность личинок на всех станциях не превышала 8 экз/м². Преобладали зоэа II стадии. В нашей коллекции имеются 6 стадий зоэа из прикамчатских вод.

Описание стадий зоэа *Spirontocaris intermedia*

I стадия (рис. 3)

Шесть экземпляров пойманы 4–23 июня 2016 г. на трех станциях у юго-восточных берегов Камчатки над глубинами 21–87 м. Несколько личинок обнаружено у юго-восточных берегов Камчатки 4–5 апреля 2017 г. на двух станциях с глубиной 546–550 м.

TL = 4,3–5,0 мм, CL = 0,8–1,2 мм, RL = 0,35–0,62 мм.

Рострум до переднего края глаз или чуть длиннее, прямой, направлен вперед или опущен между глазами. Глаза цилиндрические, неподвижные. Супраорбитальные шипы отсутствуют. Птеригостомиальный шип небольшой. На антеровентральном крае карапакса обычно имеется 3–4 шипика. У одного экземпляра с одной стороны имелись 3 шипика, с другой – 5 маленьких антеровентральных шипиков (рис. 3, GV).

Основание антеннулы несегментированное, с терминальной перистой щетинкой, дистальный сегмент с четырьмя сенсорными щетинками (2 эстетаска и 2 простые щетинки либо 3 эстетаска и 1 простая щетинка) (рис. 3, A1).

Основание антенны несегментированное, с небольшим внутренне-терминальным шипом. Конец скафоцерита сегментированный (4–5 члеников). На скафоцерите имеется 9–10 внутренне-терминальных перистых щетинок и 1 или 2 короткие

внешние простые щетинки. Проксимальная внешняя щетиночка может отсутствовать на одной из антенн. Жгутик антенны обычно несколько короче скафоцерита. На конце жгутика имеются 1 тонкий длинный шип и перистая щетинка. Основание жгутика не отделилось (рис. 3, A2).

Коксальный эндит максиллы ($Mx1$) с 6–7 колючими и двумя перистыми щетинками, обычно на правой и левой конечностях количество щетинок различается. Базальный эндит $Mx1$ вооружен семью зубчато-остроконечными, двумя простыми и двумя остроконечными щетинками. Эндоподит с тремя колючими апикальными

и двумя колючими и одной короткой простой субтерминальными щетинками.

Коксальный эндит максиллы ($Mx2$) двулопастный, с $8 + 3$ и $2 + 1$ колючими щетинками, соответственно: эндоподит 4-члениковый: 4 колючие, 3 колючие, 1 простая, 1 простая + 2 колючие щетинки. Базальный эндит $Mx2$ двулопастный с $4 + 1$ колючими щетинками на каждой лопасти. Скафогнатит вооружен пятью либо шестью перистыми щетинками, внутренний край опушен (рис. 3, Sg , Sg^*). Как правило, количество щетинок на правом и левом скафогнатите различается; одна из этих щетинок сильно укорочена.

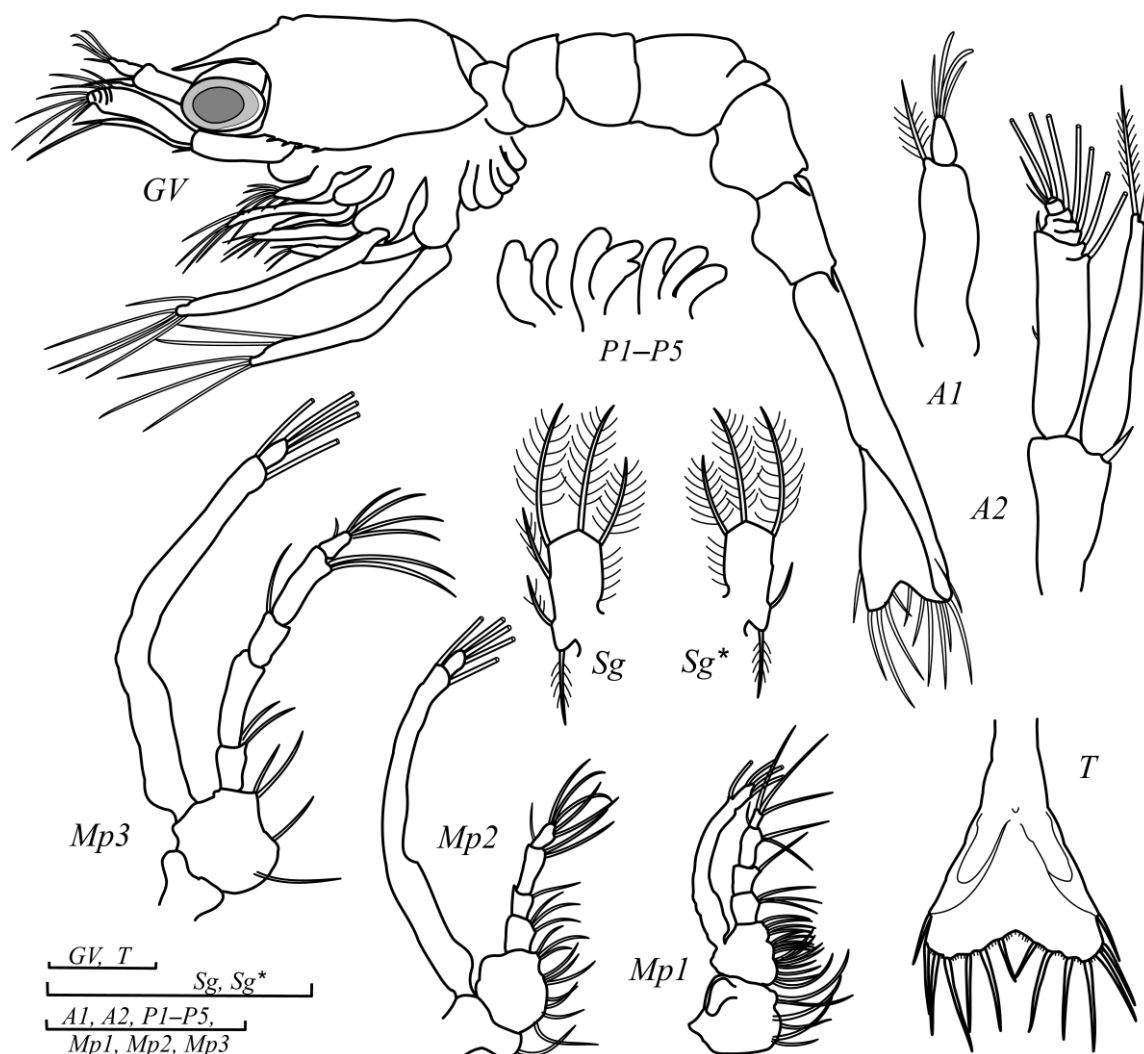


Рис. 3. Морфология зоеа I *Spirontocaris intermedia*. Масштаб 0,5 мм

Fig. 3. Morphology of zoea I in *Spirontocaris intermedia*. Scale 0.5 mm

Коксоподит первой максиллипеды (*Mr1*) с небольшим эпиподитом, вооружен 2, 1, 2–3 колючими латеральными щетинками, базиподит с 16 колючими щетинками, собранными в четыре пучка (рис. 3, *Mr1*). Экзоподит нерасчлененный, обычно на одной конечности 3 + 1, на второй 3 + 2 длинные перистые щетинки. Эндоподит 4-члениковый: 3, 1, 2 колючие, 3 зубчатые + 1 простая щетинки.

Коксоподит второй максиллипеды (*Mr2*) без эпиподита, с одной колючей терминальной щетинкой, базиподит с 9–10 колючими щетинками, собранными в 3 пучка (рис. 3, *Mr2*). Эндоподит *Mr2* 4-члениковый: 3 колючие, 1 простая, 2 колючие щетинки, 5 зубчатых + 1 простая щетинки. Экзоподит с отделенным дистальным члеником, вооружен тремя терминальными и двумя субтерминальными перистыми щетинками.

Коксоподит третьей максиллипеды (*Mr3*) без щетинок и эпиподита, базиподит с четырьмя колючими щетинками. Эндоподит 5-члениковый: 2, 0, 1, 2 колючие, 4 зубчатые + 1 простая щетинки. Экзоподит *Mr3* с одним отделенным дистальным члеником, вооружен тремя терминальными и двумя субтерминальными перистыми щетинками (рис. 3, *Mr3*).

Переоподы несегментированные, в виде длинных зачатков (рис. 3, *P1–P5*). Первые две пары двуветвистые, крупнее остальных.

Плеон состоит из пяти сомитов, четвертый и пятый сомиты вооружены парой тонких острых дорзолатеральных шипов, тельсон слит с анальным сомитом (рис. 3, *GV*). Анальный шип имеется. Тонкие хорошо заметные дорзолатеральные шипы имеются на четвертом и пятом плеональных сомитах. Плеоподы отсутствуют.

Тельсон расширяется к концу, слит с анальным сомитом, терминальный край

с глубокой треугольной выемкой (рис. 3, *T*). На тельсоне 7 пар перистых щетинок разной длины. Через кутикулу видны зачатки уropодов.

II стадия (рис. 4)

Три личинки пойманы 15 июня 2015 г. в южной части западнокамчатского района над глубиной 74 м, 7 экземпляров на пяти станциях обнаружены у юго-восточных берегов Камчатки 19–26 апреля 2017 г. над глубинами 59–655 м.

$TL = 5,5–7,1$ мм, $CL = 1,05–1,62$, $RL = 0,45–0,6$ мм.

Рострум тонкий, направлен вперед; как правило, короче глаз (очень редко – до края глаз), без шипов (рис. 4, *GV*). Глаза цилиндрические, подвижные. Супраорбитальные шипы маленькие. Птеригостомальный шип тонкий, небольшой. На антеровентральном крае карапакса у большинства экземпляров хотя бы с одной стороны имеется 2–3 очень тонких близко расположенных шипика.

Основание антеннулы 2-сегментное: первый сегмент с несколькими простыми латеральными щетиночками и несколькими короткими перистыми терминальными щетинками на внешнем крае, одним небольшим шипом на вентральной стороне и одной перистой внутренне-терминальной щетинкой; второй сегмент с четырьмя простыми маленькими внешними терминальными щетинками и одной длинной перистой латеральной щетинкой на внутреннем крае. Эндоподит антеннулы несегментированный, в 2–3 раза короче экзоподита, вооружен одной перистой апикальной щетинкой; дистальный сегмент несегментированный, несет три эстетаска и 1–2 простые щетинки (рис. 4, *A1*).

Основание антенны 2-сегментное, с тонким терминальным шипом на базиподите. Жгутик антенны по длине примерно равен

скафоцериту, с тонким шипом и перистой щетинкой на конце. Основание жгутика не отделилось. Скафоцерит с 2–3 узкими дистальными члениками, с 16–22 перистыми

щетинками на внутренне-терминальном крае. Шип скафоцерита обычно на одной A2 доходит до края пластины, на другой – несколько длиннее (рис. 4, A2, Sc*).

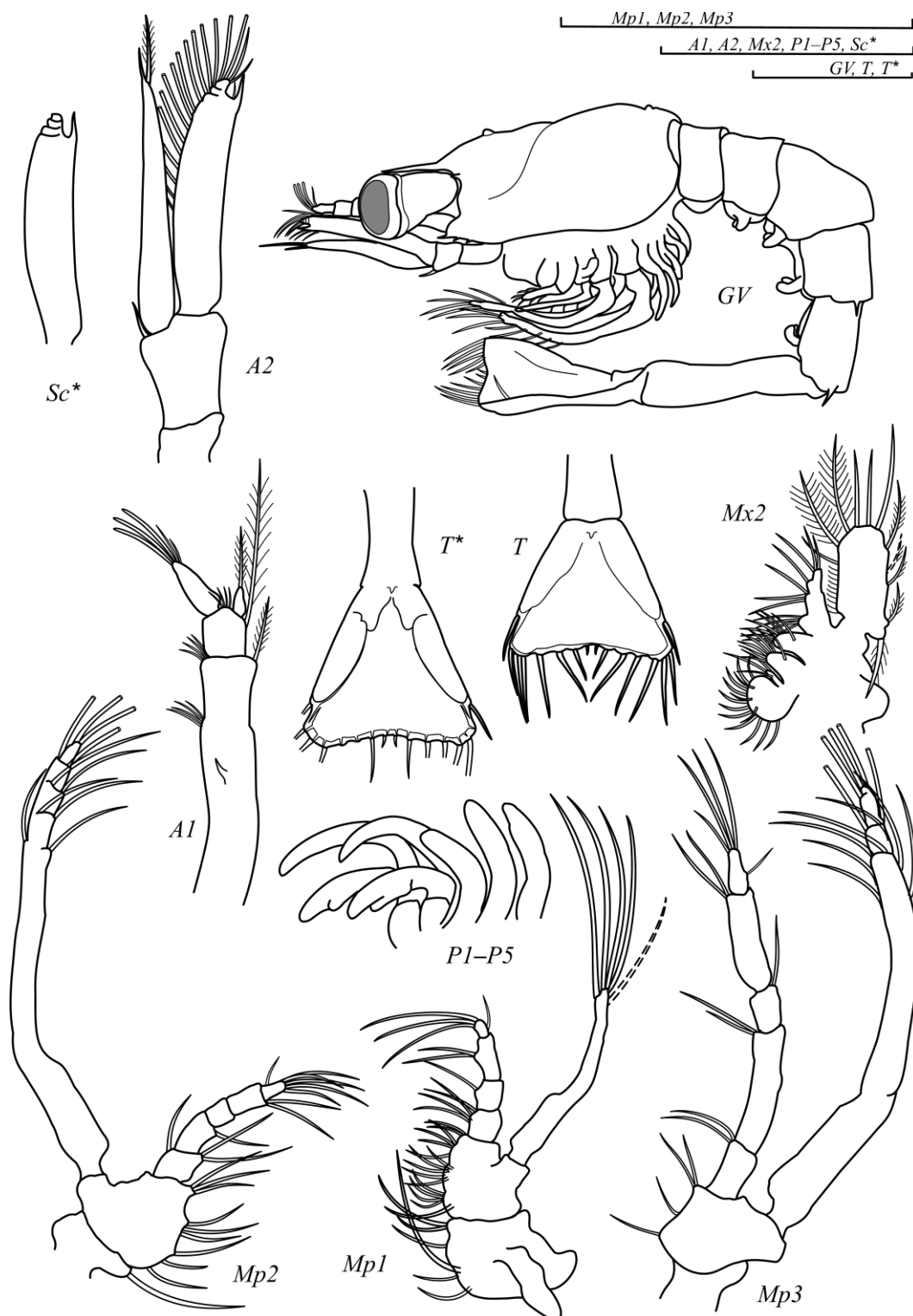


Рис. 4. Морфология зоеа II *Spirontocaris intermedia*. Масштаб 1 мм

Fig. 4. Morphology of zoea II in *Spirontocaris intermedia*. Scale 1 mm

Коксальный эндит максиллулы с семью колючими терминальными и двумя перистыми латеральными щетинками, базальный эндит с 14 терминальными щетинками различного строения на одной конечности и с 13 щетинками на другой (7 зубчато-остроконечных, 3 простые и 3–4 остроконечные щетинки); эндоподит с тремя колючими апикальными и двумя колючими и одной короткой простой субтерминальными щетинками.

Коксальный эндит максиллы двулопастный: 11 + 3 колючие щетинки на одной лопасти и 1 + 2 колючие щетинки – на другой лопасти; базальный эндит двулопастный, с 6 + 1 колючими щетинками на каждой лопасти, эндоподит 4-члениковый: 4, 3 колючие щетинки, 1 простая щетинка, 1 простая + 2 колючие щетинки; скафогнатит с 9–10 длинными перистыми щетинками и 1–2 укороченными щетинками (рис. 4, *Mx2*).

Коксоподит первой максиллипеды с крупным эпиподитом, вооружен шестью колючими латеральными щетинками (рис. 4, *Mr1*). Базиподит с 14 колючими латеральными щетинками, собранными в три пучка, и 1–2 более длинными колючими проксимальными щетинками. Эндоподит *Mr1* 4-члениковый: 4, 1, 2 колючие щетинки, 3 зубчатые + 1 простая щетинка. Экзоподит нерасчлененный с 3 + (1–2) длинными перистыми щетинками (у многих экземпляров отмечена асимметрия в количестве щетинок на правой и левой конечностях).

Коксоподит второй максиллипеды с одной длинной колючей терминальной щетинкой, эпиподит отсутствует, базиподит с 8–9 колючими щетинками, собранными в 3 пучка (рис. 4, *Mr2*). Эндоподит *Mr2* 5-члениковый: 2–3 колючие + простая щетинки, 1 колючая щетинка, 0, 2 колючие щетинки, 5 зубчатых + 1 простая щетинки. Экзоподит *Mr2* вооружен 12–13 плаватель-

ными щетинками, 2–3 дистальных членика отделены.

Основание третьей максиллипеды без изменений. Эндоподит 5-члениковый: 2, 2, 1, 2 колючие щетинки, 4 зубчатые + 1 простая щетинка. Экзоподит *Mr3* с 12 длинными перистыми щетинками, 2–3 дистальных членика отделено (рис. 4, *Mr3*).

Переоподы в виде длинных нерасчлененных зачатков. Экзоподиты первой и второй пары переопод без плавательных щетинок. Имеются зачатки клешней на *P1–P2*. Третья – пятая пары переопод более короткие, одноветвистые (рис. 4, *P1–P5*).

Пятый и четвертый плеональные сомиты вооружены парой тонких коротких дорзолатеральных шипов (рис. 4, *GV*). Анальный шип имеется. Уроподы отсутствуют. Первая пара плеопод отсутствует, вторая – пятые пары в виде раздвоенных бугорков.

Тельсон треугольный, у большинства экземпляров слит с анальным сомитом, у некоторых уже отделен. Выемка на терминальном крае тельсона небольшая. На тельсоне восемь пар терминальных перистых щетинок (рис. 4, *T*, *T**).

III стадия (рис. 5)

Данная стадия обнаружена в пробах, взятых с 19 апреля по 2 мая 2017 г. у юго-восточных берегов Камчатки (Авачинский залив) на станциях с глубиной 49–410 м.

$TL = 6,1–7,2$ мм, $CL = 1,3–1,6$, $RL = 0,6–0,8$ мм.

Рострум относительно короткий. Глаза цилиндрические, подвижные. Супраорбитальные шипы небольшие. Птеригостомальный шип маленький. Антеровентральный край карапакса вооружен 1–2 шипиками (рис. 5, *GV*).

Основание антеннулы 2-сегментное: первый сегмент с узким стилоцеритом, несколькими простыми латеральными щети-

ночками и несколькими короткими перистыми терминальными щетинками на внешнем крае, одним небольшим шипом на вентральной стороне, двумя простыми латеральными щетинками на внутреннем крае и одной длинной перистой щетинкой; второй сегмент с тремя длинными перистыми и четырьмя простыми маленькими терминальными щетинками. Экзоподит антеннулы 2-сегментный, первый сегмент с двумя терминальными щетинками, второй сегмент несет четыре эстетаска и одну простую сенсорную щетинку; эндоподит

2-сегментный с одной простой терминальной щетинкой (рис. 5, A1).

Основание антенны 2-сегментное, с тонким терминальным шипом. Жгутик ненамного длиннее скафоцерита, конец его вооружен коротким шипом. Основание жгутика отделено не у всех особей, у некоторых – только на одной из антенн. Скафоцерит с 20–24 перистыми щетинками на внутренне-терминальном крае, на конце скафоцерита отделено 1–2 дистальных членика, шип скафоцерита доходит до края пластины либо заходит за ее край (рис. 5, A2).

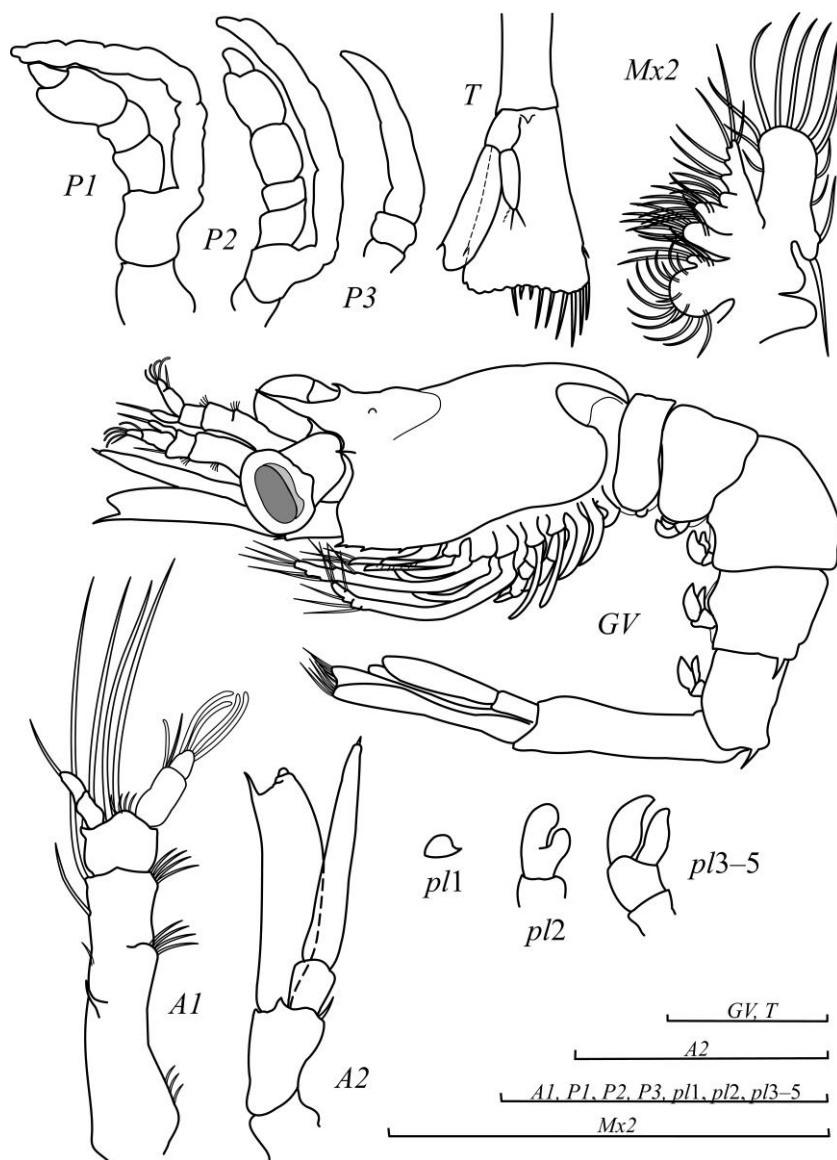


Рис. 5. Морфология зоеа III *Spirontocaris intermedia*. Масштаб 1 мм

Fig. 5. Morphology of zoea III in *Spirontocaris intermedia*. Scale 1 mm

Коксальный эндит максиллулы с семью колючими терминальными и двумя перистыми латеральными щетинками. На базальном эндите *Mx1* на одной из конечностей 14 щетинок различного строения (7 зубчато-остроконечных, 4 простые и 3 остроконечные щетинки), на другой – 15 (7 зубчато-остроконечных, 4 простые и 4 остроконечные щетинки). Эндоподит без изменений.

Коксальный эндит максиллы двулопастный, с 12 + 4 и 2 + 1 колючими щетинками; базальный эндит двулопастный с 6 + 1 колючими щетинками на каждой лопасти, эндоподит без изменений; скафогнатит с 12–15 перистыми щетинками (рис. 5, *Mx2*). У многих особей на правом и левом скафогнатите количество щетинок различается.

Максиллипеды без изменений.

Переоподы сегментированные. Первая и вторая пара двухветвистые, клешни сформированы не до конца. Третья – пятая пары одноветвистые (рис. 5, *P1*, *P2*, *P3*).

Плеональные сомиты без изменений (рис. 5, *GV*). Первая пара плеоподов в виде едва заметных бугорков, вторая – раздвоенные бугорки, третья – пятая пары плеоподов небольшие двухветвистые без щетинок (рис. 5, *pl1*, *pl2*, *pl3–5*).

Тельсон отделен от анального сомита, слегка расширяется к концу, терминальный край с едва заметной выемкой. На тельсоне 7 пар терминальных перистых щетинок и 1 пара коротких тонких латеральных шипов. Эндоподит уropодов намного короче экзоподита, с двумя (очень редко с тремя) короткими апикальными щетинками. Шип экзоподита уropодов короткий (рис. 5, *T*).

IV стадия (рис. 6)

Личинки пойманы на двух станциях в районе западнокамчатского шельфа с 28 июня по 7 июля 2015 г. над глубиной 20–70 м и 7 июля 2016 г.

TL = 6,0–7,8 мм, *CL* = 1,2–1,75 мм, *RL* = 0,60–0,75 мм.

Карапакс без изменений. Антеровентральный край карапакса с одной стороны гладкий, с другой – с одним, редко двумя шипиками с одной стороны. Плеональные сомиты без изменений (рис. 6, *GV*).

Основание антеннулы 3-сегментное: первый сегмент с очень маленьким стилоцеритом, несколькими простыми латеральными щетиночками и несколькими короткими перистыми терминальными щетинками на внешнем крае, длинной перистой щетинкой на терминально-внутреннем крае, одним крупным шипом на вентральной стороне и несколькими простыми щетинками на дорзальной поверхности; второй сегмент с 4–5 перистыми небольшими внешними терминальными щетинками, латеральной и терминальной внешними длинными щетинками; третий сегмент с тремя длинными перистыми терминальными щетинками, одной короткой простой внешней щетинкой и четырьмя простыми маленькими терминальными щетинками. Экзоподит антеннулы 4-сегментный, в 2–2,5 раза длиннее эндоподита; первый сегмент вооружен двумя простыми сенсорными короткими щетинками, второй сегмент несет 2 эстетаска, третий сегмент с тремя эстетасками, дистальный сегмент несет 2 терминальных и 2–3 субтерминальных эстетаска. Эндоподит 3-сегментный с одной простой терминальной щетинкой (рис. 6, *A1*).

Основание антенны 2-сегментное, с крупным бугорком на коксоподите и тонким терминальным шипом. Жгутик с отделенным протоподитом и маленьким апикальным шипом, длиннее скафоцерита (рис. 6, *A2*). Скафоцерит с 23–25 перистыми щетинками на внутренне-терминальном крае, шип скафоцерита на правой конечности заходит за край пластины на 1/3 своей длины, на левой – на 1/2.

Коксальный эндит максиллулы без изменений, базальный эндит с 16–18 терминальными щетинками различного строения (у большей части изученных экземпляров

на одной из максиллул было 16 базальных щетинок, на другой – 17); эндоподит без изменений.

Коксальный эндит максиллы двулопастный, с 14 + 5 и 2 + 2 колючими щетинками; базальный эндит двулопастный с 6 + 1 колючими щетинками на каждой лопасти, эндоподит без изменений; скафогнатит с 18–27 перистыми щетинками (рис. 6, *Mx2*, *Sg**).

Коксоподит первой максиллипеды с крупным эпиподитом, вооружен 5–6 колючими латеральными щетинками (рис. 6, *Mp1*). Базиподит с 3, 6, 6, 6–7 колючими латеральными щетинками, собранными в 4 пучка. Эндоподит *Mp1* 4-члениковый: 3 колючие + 1 простая, 1 колючая + 1 простая, 2 колючие, 3 зубчатые + 1 простая щетинки. Экзоподит нерасчлененный, с 3 + 2 длинными перистыми щетинками.

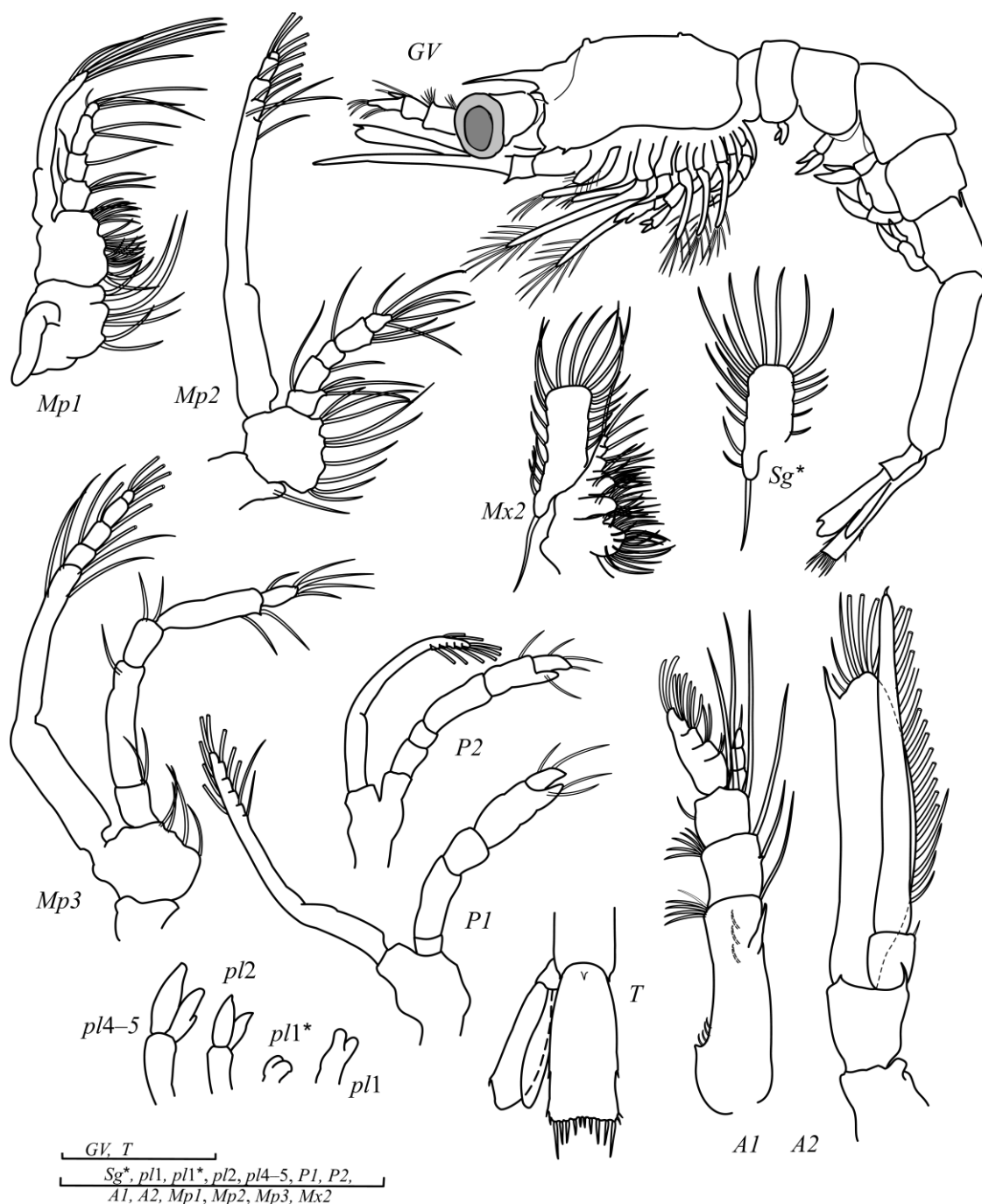


Рис. 6. Морфология зоеа IV *Spirontocaris intermedia*. Масштаб 1 мм

Fig. 6. Morphology of zoea IV in *Spirontocaris intermedia*. Scale 1 mm

Коксоподит второй максиллипеды с одной длинной колючей терминальной щетинкой, базиподит с девятью колючими щетинками (рис. 6, *Mr2*). Эндоподит *Mr2* 5-члениковый: 3 колючие + 1 простая, 1 колючая, 1 простая, 2 колючие, 5 зубчатые + 1 простая щетинки. Экзоподит *Mr2* с 10–12 длинными перистыми щетинками, на его конце 3 дистальных членика.

Основание третьей максиллипеды без изменений. Эндоподит 5-члениковый: 2, 1 колючие, 1 колючая + 1 простая, 2 колючие, 4 зубчатые + 1 простая щетинки. Экзоподит *Mr3* с 11–12 длинными перистыми щетинками, на конце отделено 3–4 коротких членика (рис. 6, *Mr3*).

Клешня первой пары переопод ненамного крупнее, чем клешня второй пары. Экзоподиты переоподов несут 8–10 плавательных щетинок (рис. 6, *P1–P2*). Третья – пятая пары переопод одноветвистые, длинные.

Первая пара плеопод в виде коротких или длинных раздвоенных бугорков (рис. 6, *pl1*, *pl1**). Вторая – пятая пары крупные, двуветвистые без щетинок, протоподит отделен, у некоторых экземпляров имеется зачаток *a.i.* на третьей и четвертой паре (рис. 6, *pl2*, *pl4–5*).

Тельсон прямоугольный, терминальный край с едва заметной выемкой. На тельсоне шесть пар терминальных перистых щетинок, 1 пара угловых шипов и 1 пара очень маленьких латеральных шипов (рис. 6, *T*). Ветви уropодов короче тельсона, эндоподит по длине лишь слегка короче экзоподита; эндоподит с 9–10 щетинками, экзоподит с короткими шипом и 13–14 щетинками.

V стадия (рис. 7)

Две личинки обнаружены 5.07.2015 в северной части западнокамчатского района.

$TL = 7,8–7,9$ мм, $CL = 1,75–1,8$ мм, $RL = 0,75$ мм.

Рострум чуть короче глаз, без шипов, конец тонкий, направлен вперед. Через кутикулу виден рострум следующей стадии с двумя дорзальными шипами (рис. 7, *R*). Глаза цилиндрические, подвижные. Супраорбитальные шипы небольшие. Птеригостомиальный шип имеется (рис. 7, *GV*). Край карапакса с одним антеровентральным шипиком только с одной стороны.

Основание антеннулы без изменений. Экзоподит антеннулы 5-сегментный: 2, 3, 4, 2, 0 эстетасков. Эндоподит 4-сегментный, в два раза короче экзоподита (рис. 7, *A1*).

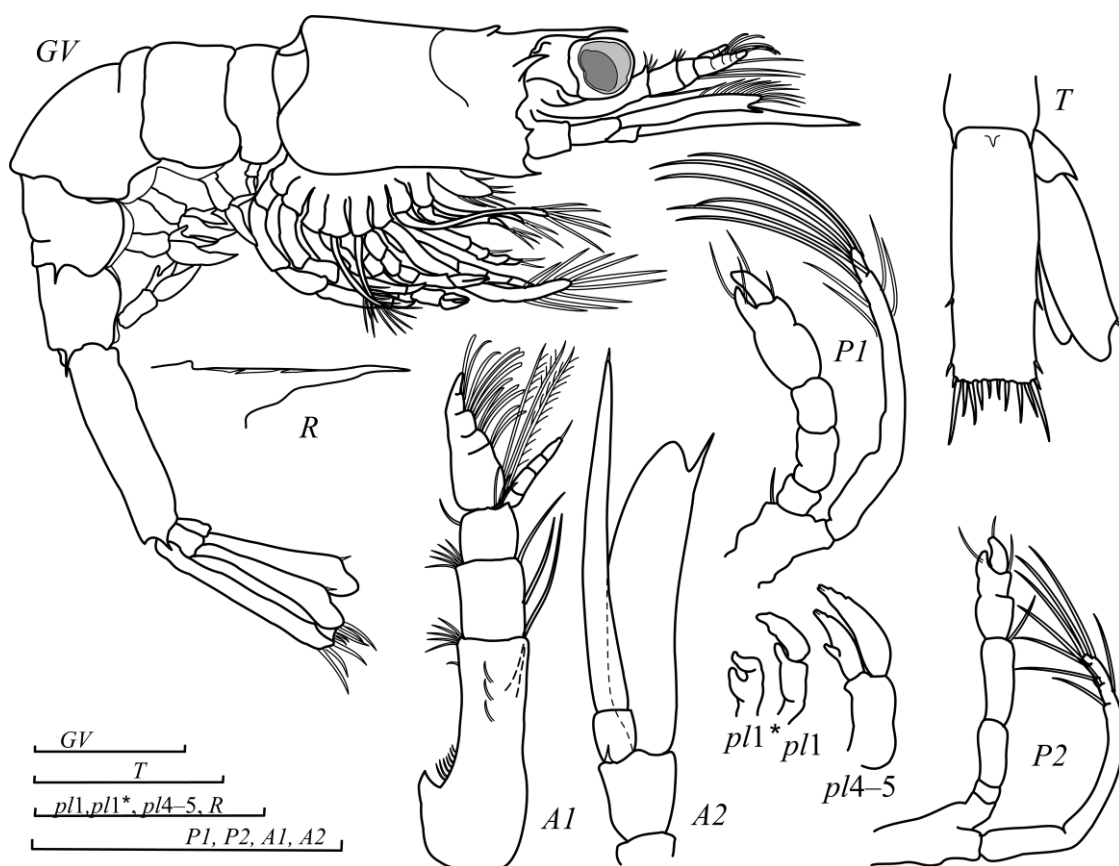
Антенны без изменений (рис. 7, *A2*).

Коксальный эндит максиллулы без изменений, базальный эндит с 17–18 терминальными щетинками различного строения (у большей части изученных экземпляров на одной из максиллул было 17 базальных щетинок, на другой – 18, у меньшей части обе конечности вооружены 17 базальными щетинками); эндоподит без изменений.

Коксальный эндит максиллы двулопастный, с 11 + 6 колючими щетинками на одной лопасти и 2 + 2 колючими щетинками на другой; базальный эндит двулопастный с 8 + 1 колючими щетинками на каждой лопасти, эндоподит без изменений, скафогнатит с 22–25 перистыми щетинками.

Максиллипеды первой и второй пар без изменений. Третья пара с маленьким эпиподитом, остальное без изменений.

Клешня на первой паре переопод намного крупнее, чем на второй паре. Экзоподиты переопод несут 8–10 плавательных щетинок. Третья – пятая переоподы одноветвистые, хорошо развитые (рис. 7, *P1–P2*). Дистальные членики *P3–P5* короткие, слегка раздвоенные на конце. Жабры имеются в основании всех переопод.

Рис. 7. Морфология зоеа V *Spirontocaris intermedia*. Масштаб 1 ммFig. 7. Morphology of zoea V in *Spirontocaris intermedia*. Scale 1 mm

Плеональные сомиты без изменений. Первая пара плеоподов у большинства экземпляров маленькая двуветвистая. У одного экземпляра левая *p1* недоразвита: с неотделенным протоподитом, в виде раздвоенного бугорка (рис. 7, *p1**). Вторая – пятая пары крупные 2-ветвистые с парой коротких апикальных шипов на экзоподите, имеется зачаток *a.i.* на третьей и четвертой паре (рис. 7, *p1*, *p4–5*).

Тельсон прямоугольный, с параллельными боковыми сторонами, более длинный, чем у предыдущей стадии, латеральные шипы более крупные, остальное без изменений (рис. 7, *T*). Уроподы без изменений.

VI стадия (рис. 8)

Одна личинка поймана 7.07.15 г. в восточной части Охотского моря (северная часть западнокамчатского шельфа) на станции с глубиной 32 м.

$TL = 8,4$ мм, $CL = 2,35$ мм, $RL = 0,75$ мм.

Рострум короче глаз, с двумя очень тонкими дорзальными шипами (рис. 8, *R*) Супраорбитальные шипы небольшие, но хорошо заметные. Край карапакса гладкий, птеригостомиальный шип тонкий. Плеональные сомиты без изменений (рис. 8, *GV*).

Основание антеннулы без изменений. Экзоподит *A1* 6-сегментный: первые четыре сегмента несут по три терминальных эстетаска, на пятом сегменте имеется одна простая апикальная щетинка. Эндоподит 5-сегментный, в 1,5 раза короче экзоподита (рис. 8, *A1*).

Основание антенны 2-сегментное, с крупным бугорком на коксоподите и двумя терминальными шипами. Жгутик антенны в 1,5 раза длиннее скафоцерита, состоит из 12–14 члеников. Скафоцерит без изменений (рис. 8, *A2*).

Коксальный эндит максиллулы с девятью колючими терминальными и двумя

перистыми латеральными щетинками, базальный эндит на одной конечности с 18 перистозубчатыми и остроконечными щетинками, на другой – с 20 щетинками различного строения; эндоподит без изменений.

Коксальный эндит максиллы двулопастный, с 11 + 6 щет. на первой лопасти и 3 + 1 на второй, базальный эндит двулопастный с 8 + 1 колючими щетинками на каждой лопасти, скафогнатит с 27–28 перистыми щетинками (рис. 8, Sg).

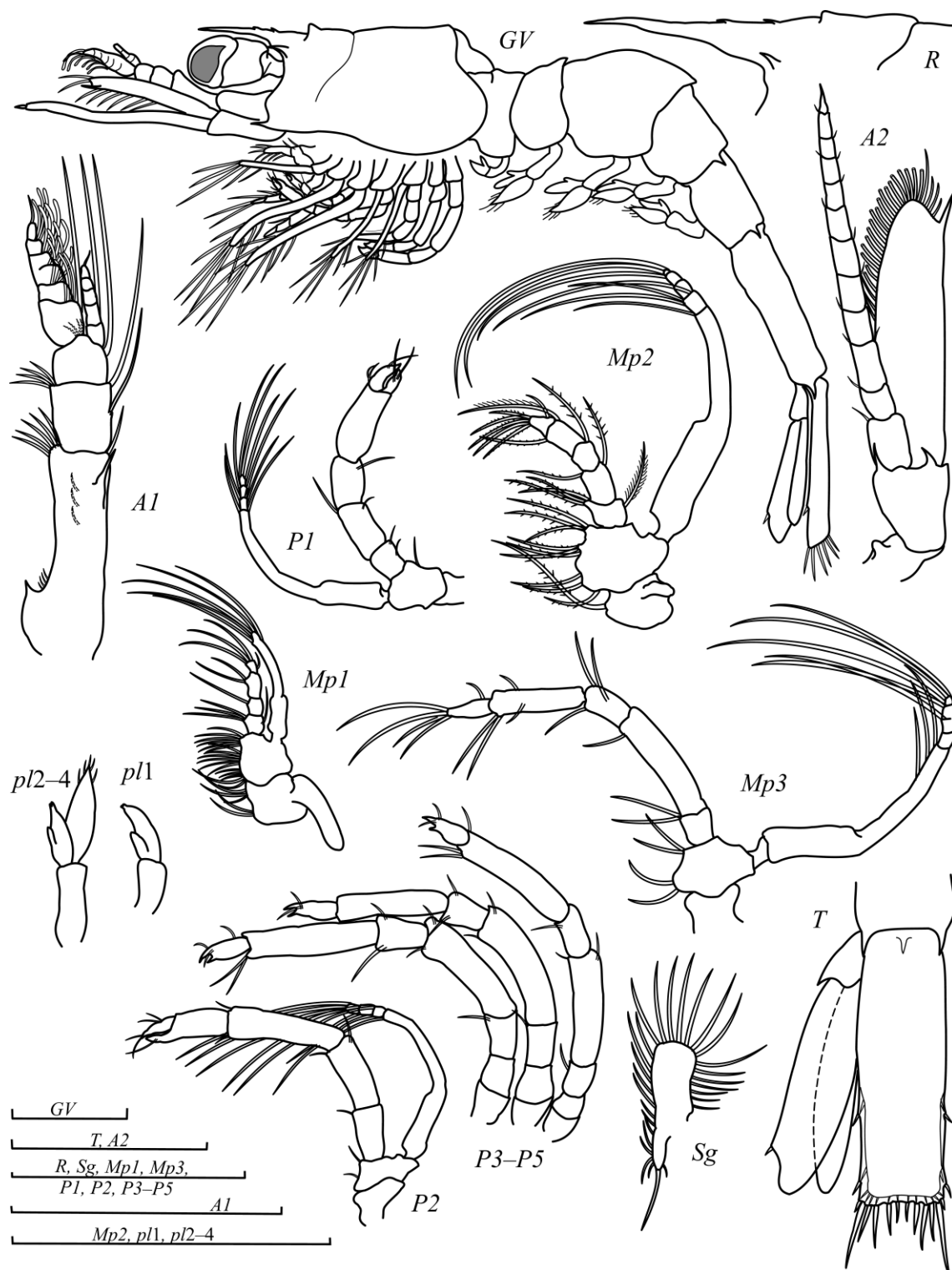


Рис. 8. Морфология зоэа VI *Spirontocaris intermedia*. Масштаб 1 мм

Fig. 8. Morphology of zoea VI in *Spirontocaris intermedia*. Scale 1 mm

Коксоподит первой максиллипеды с крупным и длинным эпиподитом, вооружен шестью колючими латеральными щетинками (рис. 8, *Мр1*); базиподит без изменений. Эндоподит и экзоподит без изменений. Вторая максиллипеда с небольшим эпиподитом, остальное без изменений (рис. 8, *Мр2*). Третья максиллипеда без изменений (рис. 8, *Мр3*).

Клешня на первой паре переопод намного крупнее, чем на второй паре. Экзоподиты переопод с 9–10 плавательными щетинками. Третья – пятая пары переопод одноветвистые, хорошо развитые (рис. 8, *Р1*, *Р2*, *Р3–Р5*). В основании переопод и максиллипед имеются жабры. Первые плеоподы небольшого размера, двуветвистые, без щетинок. Вторые – пятые плеоподы двуветвистые с короткими щетинками и хорошо заметным *a.i.* (рис. 8, *pl1*, *pl2–4*).

Тельсон прямоугольный с двумя парами латеральных шипов. Терминальный край тельсона практически без выемки. Уроподы доходят до терминального края тельсона. Через покровы тельсона видна следующая стадия со слегка сужающимся тельсоном, шестью парами терминальных щетинок и двумя парами латеральных шипов, как это характерно для стадии зоза (рис. 8, *Т*). Поскольку тельсон декаподитной стадии у представителей рода *Spirontocaris* имеет меньшее количество щетинок, VI стадия не является последней стадией зоза.

ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенного исследования сделано описание I–VI личиночных стадий *S. intermedia* из прикамчатских вод. От *Spirontocaris phippsii* Krøyer, 1841 на всех стадиях описанные в данной работе личинки отличаются наличием антеровентральных шипиков на карапаксе, меньшим количеством щетинок на тельсоне и ска-

фогнатите, степенью развития плеоподов, антеннул и переопод. От *Spirontocaris arcuata* Rathbun, 1902 наши личинки отличаются более длинным рострумом у младших личинок, большим количеством антеровентральных шипиков, морфологией эндоподита антенны, количеством щетинок на скафогнатите и максиллуле у младших личинок. От *Spirontocaris ochotensis* (Brandt 1851) описанные личинки отличаются наличием рострума, большим количеством щетинок на коксальном эндите максиллулы на I–II стадиях, меньшим количеством щетинок скафогнатита у I зоза, большим количеством антеровентральных шипиков на всех стадиях, большим количеством дистальных члеников на экзоподите максиллипед у старших личинок. От *Spirontocaris murdochi* Rathbun, 1902 данные личинки отличаются большим количеством щетинок на коксальном и базальном эндитах максиллулы на всех стадиях, формой тельсона, более мощным рострумом и наличием дорзальных шипов рострума у самых старших зоза, меньшим количеством дистальных члеников скафогнатита у старших личинок.

О близком родстве *S. spinus* и *S. intermedia* свидетельствуют сходные размеры личинок, строение максиллы, карапакса, плеона, переопод, уроподов и тельсона (табл. 2). По этим признакам личинки *S. spinus* похожи на *S. intermedia* больше, чем на другие виды данного рода. Имеются морфологические отличия, не позволяющие отнести этих личинок к одному виду. Самое существенное – это строение рострума, плеопод, максиллул, второй и третьей максиллипед, антеннул и антенн на соответствующих стадиях зоза, а также количество антеровентральных шипиков.

Размеры самых младших личинок *S. intermedia* несколько меньше, чем у *S. spinus*. Они выходят из яйца менее

развитыми. В частности, у I стадии отсутствуют плеоподы, основание антеннул и переоподы несегментированные. По степени морфологического развития IV стадия *S. spinus* соответствует VI стадии *S. intermedia*. Размеры личинок на этих стадиях также совпадают.

Р.Р. Макаров [1966] приводит рисунок личинки неидентифицированного вида, у которого рострум вооружен двумя дорзальными и одним вентральным шипами, а тельсон несет две пары латеральных ши-

пов и шесть пар терминальных щетинок. Возможно, это седьмая, не пойманная нами, стадия зоеа *S. intermedia*. Сроки поимки этой личинки совпадают со сроками поимки последних стадий зоеа данного вида. Размеры также соответствуют нашим. Макаров отнес эту личинку к декаподитной стадии (постличинка). Декаподит рода *Spirontocaris* описан [Squires, 1993], он отличается от личинки из монографии Макарова морфологией тельсона и конечностей.

Таблица 2. Сравнение морфологии личинок *S. intermedia* и *S. spinus*

Table 2. Comparison of morphology of the larvae in *S. intermedia* and *S. spinus*

Признак	Стадия	<i>S. spinus</i> [Squires, 1993]	<i>S. intermedia</i>
Общая длина, мм	I	4,6–5,6	4,3–5,0
	II	5,5–6,5	5,5–7,1
	III	6,4–7,6	6,1–7,2
	IV	8,5–9,4	6,0–7,8
	V	–	7,8–7,9
CL / RL	I	1,1	2,1
	II	1,2	2,6
	III	1,5	2,1
	IV	1,9	2,2
Количество антеровентральных шипиков на карапаксе	I	4–5	3–4
	II	4	2–3
	III	3	1–2
	IV	2	1(2)
	V	–	1(0)
	VI	–	0
Количество сегментов основания A1	I	2	1
	II	3	2
	III	3	2
	IV–VI	3	3
Количество сегментов экзоподита A1	I	1	1
	II	2	1
	III	3	2
	IV	4	4
	V	–	5
Количество сегментов эндоподита A1	I	–	–
	II	1	1
	III	1	2
	IV	1	3
	V	–	4
Количество сегментов основания A2	I	1	1
	II	1	2
	III–VI	2	2
SP / p	II	1,1–1,2	1,0–1,2
	III	2,0–2,2	1,0–1,2
	IV–VI	2,5–2,8	1,3–2,0

Окончание табл. 2

The end of the Table 2

Признак	Стадия	<i>S. spinus</i> [Squires, 1993]	<i>S. intermedia</i>
Количество дистальных члеников скафоцерита	I	4	4–5
	II	отсутствуют	2–3
	III		1–2
	IV–VI		отсутствуют
Количество щетинок на коксальном эндите <i>Mx1</i>	I	5	9
	II	7	9
	III	7	9
	IV	9	9
	V	–	9
	VI	–	11
Количество щетинок на скафогнатите	I	6	5–6
	II	11–13	10–13
	III	12	12–15
	IV	22	18–27
Количество дистальных члеников экзоподита <i>Mr2</i>	I	отсутствуют	1
	II– III		2
	IV–V		3
Количество дистальных члеников экзоподита <i>Mr3</i>	I	отсутствуют	2
	II– II		3
	IV–V		4
Первые плеоподы	I	отсутствуют	отсутствуют
	II	отсутствуют	отсутствуют
	III	круглые бугорки	круглые бугорки
	IV	раздвоенные бугорки	раздвоенные бугорки
Вторые плеоподы	I	круглые бугорки	отсутствуют
	II	раздвоенные бугорки	раздвоенные бугорки
	III	двуветвистые без щетинок	раздвоенные бугорки
	IV	двуветвистые с зачатком <i>a.i.</i> , без щетинок	двуветвистые без щетинок
Третьи – пятые плеоподы	I	круглые бугорки	отсутствуют
	II	раздвоенные бугорки	раздвоенные бугорки
	III	двуветвистые без щетинок	двуветвистые без щетинок
	IV	двуветвистые с зачатком <i>a.i.</i> , без щетинок	двуветвистые без щетинок
Количество стадий зоэа		5	7

У декаподита *S. spinus* из бухты Унгава [Squires, 1993] экзоподит антеннул 6-сегментный, а эндоподит 5-сегментный. Экзоподит и эндоподит *A1* у последней (IV) описанной стадии зоэа данного вида расчленен, соответственно на 4 и 3 сегмента. Поскольку у личинок каридных креветок из прикамчатских вод, проходящих неукороченное развитие, на каждой следующей стадии зоэа прибавляется 1 сегмент на ветвях антеннулы, у *S. spinus* должна быть еще одна стадия зоэа. Об этом же свидетельствует строение плеопо-

дов: щетинки на экзоподитах еще не сформированы, *a.i.* присутствует в виде зачатка, жгутик антенны несегментированный, *Mr2* без эпиподита.

Антеровентральный край карапакса у личинок большинства видов рода *Spirontocaris* вооружен небольшим количеством шипиков, даже у младших личинок; к III–IV стадиям край карапакса у большинства представителей данного рода становится гладким [Седова, 2020]. У зоэа I *S. intermedia* на антеровентральном крае карапакса обычно имеется 3–4 шипика

(как правило, с одной стороны на 1 шипик больше), у личинок *S. spinus* – 4–5 шипиков у самых младших личинок. Окончательно эти шипики у *S. intermedia* исчезают лишь у самых старших личинок, у *S. spinus* – только на декаподитной стадии. Данная особенность отличает эти два вида от большинства других видов спиронтокарисов.

Отделение тельсона от анального сомита может в некоторых случаях несколько запаздывать у отдельных особей *S. intermedia*. У зоза II этого вида тельсон у большинства экземпляров еще слит с плеоном, но у некоторых особей он уже явно отделен. У *S. spinus* отделение последнего плеонального сомита происходит также на III стадии.

Длина рострума первых двух стадий этих видов заметно различается (табл. 2). У старших личинок *S. spinus* рострум несколько длиннее, чем у *S. intermedia*. Шип скафоцерита на всех стадиях также намного длиннее, чем у *S. intermedia*.

К сожалению, Сквайрс [Squires, 1993] не указывает число щетинок на базальном эндите максиллулы у *S. spinus*. Данный признак является одним из самых важных для идентификации личинок спиронтокарисов. Обычно количество щетинок на левом и правом базальном эндите максиллулы *S. intermedia* различается на 1, очень редко – на 2. В некоторых случаях на 1–2 различается число щетинок на коксоподите максиллулы. Последнее обстоятельство было замечено нами также для *S. murchiei* [Sedova, Grigorev, 2022]. Некоторая асимметрия наблюдается также в числе щетинок на скафогнатите. У зоза I *S. intermedia* количество щетинок на скафогнатите может варьировать у отдельных экземпляров в зависимости от размера. Как правило, у более крупных особей щетинок на этой структуре больше.

Количество щетинок на скафогнатите у этих видов совпадает. Форма и строение

тельсона на соответствующих стадиях не различаются. Морфология максиллипед у сравниваемых видов несколько различается. У большинства младших личинок *S. intermedia* на одной из первых максиллипед имеются 2 субтерминальные щетинки, а на другой – только 1. Эта же особенность ранее нами была отмечена для *S. murchiei* [Sedova, Grigorev, 2022]. У *S. spinus* асимметрия строения максиллипед не наблюдается.

Плеоподы на соответствующих стадиях развиты намного лучше также у *S. spinus*. Третий сегмент основания антеннулы у *S. spinus* отделяется уже на II стадии, в то время как у *S. intermedia* – только на IV. Скафоцерит утрачивает сегментацию у *S. spinus* уже на II стадии, в то время как у *S. intermedia* 1–2 дистальных членика сохраняются еще на III стадии. Клешни на переоподах у *S. spinus* формируются намного раньше, чем у *S. intermedia*.

Ряд особенностей отличает личинок *S. intermedia* от других описанных видов рода *Spirontocaris*. Рострум предпоследней (VI) стадии зоза *S. intermedia* вооружен двумя дорзальными шипами. Коксальный эндит максиллулы этого вида вооружен девятью щетинками уже на I стадии. У других видов на I–II стадиях на этой структуре имеется 5 либо 7 щетинок [Haynes, 1981, 1984; Squires, 1993; Седова, 2022; Sedova, Grigorev, 1992].

На экзоподитах второй и третьей максиллипед *S. intermedia* даже у самых младших личинок имеется хотя бы один отделенный дистальный членик. У старших личинок их может быть до четырех. Сегментация экзоподитов максиллипед ранее была отмечена для *S. murchiei* и *S. ochotensis*. У старших личинок этих видов отделены по 3 и 2 дистальных членика, соответственно, у младших личинок сегментация экзоподитов максиллипед отсутствует.

Таким образом, по степени развития большинства придатков заметно явное отставание в развитии *S. intermedia* по сравнению с *S. spinus*. Связано такое отставание, очевидно, с различным количеством стадий зоэа у этих видов. Так, для *S. spinus* их описано не более пяти, для *S. intermedia* должно быть, по нашим данным, не менее семи стадий зоэа. Для *S. spinus* характерна гетерохрония в развитии конечностей – плеоподы появляются намного раньше уropодов. Такая же степень укорочения развития характерна для близких арктических видов креветок – *S. phippisii* и *Eualus fabricii* Krøyer, 1841 [Squires, 1993].

ЛИТЕРАТУРА

- Бандурин К.В. 2003. Перспективы промысла креветок в прибрежье Северного Охотоморья. *Рыбное хозяйство*. № 4. С. 36.
- Бандурин К.В., Карпинский М.Г. 2015. Креветки северной части Охотского моря. Москва: Изд-во ВНИРО. 214 с.
- Виноградов Л.Г. 1950. Определитель креветок, раков и крабов Дальнего Востока. *Известия ТИНРО*. Т. 33. С. 179–358.
- Иванов Б.Г. 1971. Личинки некоторых дальневосточных креветок в связи с их систематическим положением. *Зоологический журнал*. Т. L. Вып. 5. С. 657–665.
- Кобякова З.И. 1936. Зоогеографический обзор фауны Decapoda Охотского и Японского моря. *Труды Ленинградского общества естествоиспытателей*. Т. 65. Вып. 2. С. 185–228.
- Кобякова З.И. 1937. Десятиногие раки (Decapoda) Охотского и Японского морей. *Ученые записки Ленинградского университета*. Т. 15. Вып. 93. 154 с.
- Макаров Р.Р. 1966. Личинки креветок, раков-отшельников и крабов западнокамчатского шельфа и их распределение. Москва: Наука. 164 с.
- Седова Н.А. 2020. Особенности личиночного развития креветок рода *Spirontocaris* (Decapoda, Thoridae) из северо-западной части Тихого океана. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 51. С. 73–82.
- Седова Н.А. 2022. Морфология личинок *Spirontocaris ochotensis* (Brandt 1851) (Decapoda, Thoridae) из прикамчатских вод. *Зоологический журнал*. Т. 101. № 11. С. 1216–1231.
- 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.
- Hayashi K-I. 1977. Studies on the hippolytid shrimps from Japan – VI. The genus *Spirontocaris* Bate. *The Journal of the Shimonoseki, University of Fisheries*. Vol. 25 № 3. P. 155–136.
- Haynes E.B. 1981. Early zoeal stages of *Lebbeus polaris*, *Eualus suckleyi*, *E. fabricii*, *Spirontocaris arcuata*, *S. ochotensis*, and *Heptacarpus camtschaticus* (Crustacea, Decapoda, Caridea, Hippolytidae) and morphological characterization of zoeae of *Spirontocaris* and related genera. *Fishery Bulletin*. Vol. 79. № 3. P. 421–440.
- Haynes E.B. 1984. Description of early stage zoeae of *Spirontocaris murdochi* (Decapoda, Hippolytidae) reared in the laboratory. *Fishery Bulletin*. Vol. 82. № 3. P. 523–528.
- 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.
- Squires H.J. 1993. Decapod Crustacean Larvae from Ungava Bay. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* Vol. 10. 168 p.

REFERENCES

- Bandurin K.V. 2003. Prospects for the craft of shrimp in the coast of the northern hunting industry. *Rybnoe hosiastvo (Fisheries Journal)*. № 4. P. 36 (in Russian).
- Bandurin K.V., Karpinsky M.G. 2015 Shrimps and prawns of the northern part Sea of Okhotsk. Moscow: VNIRO Publ. 214 p. (in Russian).
- Vinogradov L.G. 1950. Key to shrimps, crayfish and crabs of the Far East. *Isvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 33. P. 179–358 (in Russian).
- Kobyakova S.I. 1936. Zoogeographical review of the Decapoda fauna from the Okhotsk Sea and the Sea of Japan. *Trudy Leningradskogo obshestva estestvoispytateley (Proceedings of the Leningrad Society of Naturalists)*. Leningrad. 65 (2). P. 185–228 (in Russian).
- Kobyakova S.I. 1937. Decapod crayfish (Decapoda) of the Okhotsk Sea and the Sea of Japan. *Uchionye sapiski Leningradskogo universiteta*

- (*Scientific notes of Leningrad University*). Leningrad. Vol. 15. P. 93–154 (in Russian).
- Ivanov B.G. 1971. Larvae of some Far Eastern shrimp due to their systematic position. *Zoologicheskij zhurnal (Russian Journal of Zoology)*. Vol. L. Issue 5. P. 657–665 (in Russian).
- Makarov R.R. 1966. Larvae of shrimp, hermit crabs and crabs of the Western Kamchatka shelf and their distribution. Moscow: Nauka Publ. 164 p. (in Russian).
- Sedova N.A. 2020. Features of larval development of shrimps of the genus *Spirontocaris* (Decapoda, Thoridae) from the northwestern part of the Pacific. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Vol. 51. P. 73–82 (in Russian).
- Sedova N.A. 2022. Morphology of larvae of *Spirontocaris ochotensis* (Brandt 1851) (Decapoda, Thoridae) from adjacent Kamchatka waters. *Zoologicheskij zhurnal (Russian Journal of Zoology)*. Vol. 101. № 11. P. 1216–1231 (in Russian).
- 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.
- Hayashi.K-I. 1977. Studies on the hippolytid shrimps from Japan – VI. The genus *Spirontocaris* Bate. *The Journal of the Shimonoseki, University of Fisheries*. Vol. 25. № 3. P. 155–136.
- Haynes E.B 1981. Early zoeal stages of *Lebbeus polaris*, *Eualus suckleyi*, *E. fabricii*, *Spirontocaris arcuata*, *S. ochotensis*, and *Heptacarpus camtschaticus* (Crustacea, Decapoda, Caridea, Hippolytidae) and morphological characterization of zoeae of *Spirontocaris* and related genera. *Fishery Bulletin*. Vol. 79. № 3. P. 421–440.
- Haynes E.B. 1984. Description of early stage zoeae of *Spirontocaris murdochi* (Decapoda, Hippolytidae) reared in the laboratory. *Fishery Bulletin*. Vol. 82. № 3. P. 523–528.
- 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*. 2022. 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.
- Squires H.J. 1993. Decapod Crustacean Larvae from Ungava Bay. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* Vol. 10. 168 p.

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-код: 5638-3959; Author ID: 664456; Scopus ID: 7003300397.

Статья поступила в редакцию 10.07.2023; одобрена после рецензирования 11.09.2023; статья принята к публикации 25.09.2023.

The article was submitted 10.07.2023; approved after reviewing 11.09.2023; accepted for publication 25.09.2023.

УДК 595.371:591.134.5

DOI: 10.17217/2079-0333-2023-65-62-70

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ СПИРТА В КАЧЕСТВЕ ФИКСИРУЮЩЕГО РАСТВОРА НА МАССУ ТЕЛА БОКОПЛАВОВ (CRUSTACEA, AMPHIPODA)

Асочаков А.А.

Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, г. Абакан, пр-кт Ленина, 90.

Обсуждаются результаты экспериментов по оценке влияния фиксирующего раствора на массу тела трех видов бокоплавов: *Locustogammarus locustoides* (Brandt, 1851), *Orchestia ochotensis* Brandt, 1851 и *Parhyale zibellina* Derzhavin, 1937. Основной задачей явилось выяснение степени влияния 70%-го раствора этилового спирта на массу рачков в процессе длительного хранения. По итогам наблюдений было выяснено, что за период консервации 16 лет и 3 месяца средняя масса тела особей первых двух видов снизилась на 21 и 26% соответственно относительно ее начальных показателей. Для особей *P. zibellina* снижение массы за период хранения в растворе 13 лет составило 18%. Обсуждается необходимость учета влияние спиртосодержащих растворов на массу тела бокоплавов. Это особенно важно для тех исследований, где весовые показатели используются в качестве исходных или промежуточных данных. К ним можно отнести оценивание показателей биологической продукции, выяснение интенсивности энергетического обмена, моделирование процессов роста и т. п. Для восстановления значений первичной массы бокоплавов, хранившихся в зафиксированном виде, предлагается использовать поправочные коэффициенты.

Ключевые слова: вес особей, масса тела, размерно-весовая зависимость, Amphipoda, Crustacea.

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF FIXING SOLUTION ON THE BODY WEIGHT OF AMPHIPODS (CRUSTACEA, AMPHIPODA)

Asochakov A.A.

Khakass State University named after N.F. Katanov, Abakan, Lenin Prospect Str. 90.

We discuss results of experiments evaluating effect of fixing solution on the body weight of three species of amphipods, *Locustogammarus locustoides* (Brandt, 1851), *Orchestia ochotensis* Brandt, 1851 and *Parhyale zibellina* Derzhavin, 1937, in order to estimate the degree of influence of 70% ethanol solution on the weight of crustaceans during long-term storage. As a result, we found that during the period of conservation lasting 16 years and 3 months, the average body weight of individuals of the first two species decreased by 21% and 26%, respectively in comparison to the initial weight. In case of *P. zibellina*, 18% decrease in body weight occurred after 13 years of storage. The need to consider effect of alcohol-containing solutions on the body weight of amphipods is discussed. This is particularly important in studies where weight values are used as input or intermediate data for subsequent calculations. These may include estimation of biological production, determination of energy metabolism rates and modeling of growth processes and etc. It is proposed to use correction coefficients to restore the values of the primary mass of amphipods that were stored in a fixed form.

Key words: individual weight, body weight, size-weight dependence, Amphipoda, Crustacea.

ВВЕДЕНИЕ

Данные о массе тела организмов являются важной составляющей большинства биоэкологических исследований. Они необходимы для расчета показателей биологической продуктивности, оценке интенсивности процессов обмена веществ, моделирования темпов роста, рождаемости и смертности, а также для решения других практических и теоретических исследовательских задач [Köhn, Sammour, 1990; Дулепов, 1995; Mährlein et al., 2016]. Важно учитывать способ измерения этого параметра, поскольку от него зависит надежность результатов для их дальнейшего использования при решении исследовательских задач.

Как правило, о массе тела бокоплавов приходится судить по экземплярам, которые какой-то период времени хранились в фиксирующих жидкостях. Взвешивание особей, прежде всего определение их видовой принадлежности, пола, возраста и других индивидуальных и популяционных показателей вне специализированных лабораторий затруднено. Именно по этой причине до начала различных этапов изучения и после каждого из них бокоплавов хранят в зафиксированном состоянии. Вполне очевидно, что консерванты, содержащие различные виды спиртов, способны оказывать влияние на первичный вес особей. Все они, являясь хорошими органическими растворителями, способны экстрагировать из объектов хранения жиры, спирто- и водорастворимые белки, углеводы, воду из внутрисполостных, меж- и внутриклеточных жидкостей. Характерным признаком этого процесса является изменение цвета фиксирующей жидкости, а также весьма частое выпадение хлопьевидного осадка. Вопросы о том, насколько значимым является влияние спиртосодер-

жащих растворов на массу тела животных, а также существуют ли основания им пренебрегать, однозначного ответа не получили и остаются актуальным до настоящего времени. Основанием для этого утверждения явились мнения карцинологов, публикующих результаты изучения бокоплавов. Сравнение итогов описания биологических параметров 127 видов рачков, полученных с помощью метода «случайной выборки», показало значительное доминирование лишь одного мнения. Оно было высказано в абсолютном большинстве (94%; $n = 125$ шт.) работ, опубликованных в течение последних пятидесяти лет [Романова, 1973; Scapini et al., 1999; Дегтярева и др., 2020]. Оказалось, что почти все специалисты прямо или косвенно полагают, что влияние фиксирующих жидкостей на массу бокоплавов настолько мало, что им можно просто пренебречь. Основанием для данного вывода является отсутствие в их публикациях комментариев об учете влияния на массу бокоплавов данной особенности хранения. В то же время проблема значимости влияния фиксирующих растворов на массу тела гидробионтов обсуждалась с 1930-х годов [Боруцкий, 1958], включая методику фиксации бокоплавов [Боруцкий, Гирса, 1961; Widerholm, Eriksson, 1977; Дулепов и др., 1986].

В настоящей работе автор оценил степень влияния на массу тела бокоплавов спиртосодержащего фиксирующего раствора и вынес предложение учитывать данное влияние как весьма значимое при дальнейшей работе с материалом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Биологическим материалом для проведения эксперимента по оцениванию степени влияния спиртосодержащей фиксирующей жидкости на массу тела бокоплавов или разноногих раков послужили

фаунистические сборы, выполненные автором в бух. Кратерной (о. Янкича, Курильские о-ва) и бух. Соболя (зал. Петра Великого, Японское море). Гидробиологические станции для сбора биологического материала располагались в бух. Кратерной (47°30'34.1"N 152°49'04.0"E) и бух. Соболя (43°04'34.5"N 131°57'48.5"E). Рачки были собраны в период с 26.09–09.10.1987 г. и 14.12.1990 г. Всего для проведения эксперимента было собрано 280 экземпляров трех видов, включая *Locustogammarus locustoides* (Brandt, 1851) – 100, *Orchestia ochotensis* Brandt, 1851 – 100 и *Parhyale zibellina* Derzhavin, 1937 – 80 экземпляров. Выбор именно этих видов ракообразных был обусловлен существенной разницей в плотности и толщине наружных хитиновых покровов, которые предположительно могут оказывать некоторое влияние на интенсивность проникновения спирта в ткани тела рачков и в конечном итоге на динамику изменений массы тела. К тому же весовая доля этих покровов относительно общей массы тела, вероятно, оставаясь близкой к постоянной величине, также влияет на абсолютные весовые значения.

Живых бокоплавов помещали в чашки Петри, где их обездвиживали парами хлороформа. После этого животных обсушивали на фильтровальной бумаге и взвешивали с точностью до 0,001 г. Далее рачков фиксировали в 70%-м растворе этилового спирта без добавления глицерина, раствора формальдегида и каких-либо других добавок. Каждую особь видов *O. ochotensis* и *P. zibellina* помещали на хранение в отдельную пробирку, изготовленную из стекла. Вместе с рачком вкладывали сопроводительную этикетку с индивидуальным номером экземпляра, а также данными о первичной массе тела и датой начала эксперимента. Сбор бокоплавов вида *L. locustoides* пришлось на период их раз-

множения, поэтому в одну пробирку помещались как самец, так и его самка из копулирующей пары. Пробирки с разными видами объединяли в группы и хранили в трех отдельных емкостях при комнатной температуре и без доступа света.

Эксперименты с бокоплавами *O. ochotensis* и *L. locustoides* из бух. Кратерной были начаты 26.09.1987 г. и 09.10.1987 г. и завершены 24 и 16.12.2003 г. соответственно, а с *H. zibellina* из бух. Соболя – с 14.12.1990 г. по 26.12.2003 г. Таким образом, продолжительность наблюдений за группой из двух видов составила 16 лет и 3 месяца, а у особей *P. zibellina* – 13 лет. В течение всех трех экспериментов фиксирующий раствор в емкостях для хранения бокоплавов не обновлялся. Для описания процесса изменения массы особей в фиксирующей жидкости было выполнено 4–6 промежуточных взвешиваний. Бокоплавы из бух. Кратерной после первичной оценки массы повторно взвешивались спустя 1 месяц, далее по истечении 3, 6, 12, 60, 120 и 195 месяцев хранения. Продолжительность эксперимента с особями *H. zibellina* из бух. Соболя оказалась короче. Первые четыре взвешивания были проведены с теми же интервалами времени, как и в случае с *O. ochotensis* и *L. locustoides*. Итоговая оценка массы тела бокоплавов *H. zibellina* была выполнена спустя 156 месяцев со дня начала их хранения.

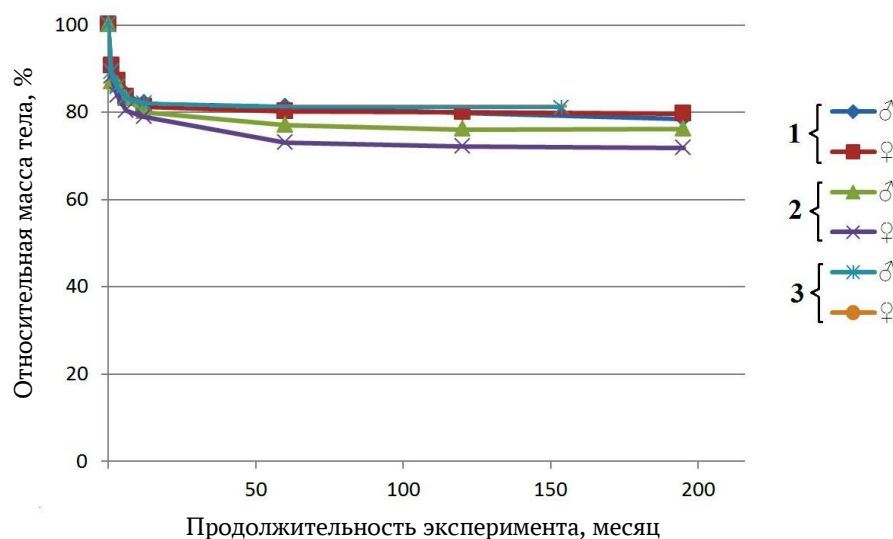
Контроль точности измерений проводили после каждой отдельной серии взвешиваний. Для этого повторно оценивали вес не менее чем 5% особей каждого вида от их общего количества в выборках. Отбор рачков для повторного взвешивания проводился с использованием метода «случайной выборки». Все упомянутые выше сборы бокоплавов хранятся в фондах зоологических коллекций Учебно-научной лаборатории биологического разнообразия кафедры

Биологии Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова (г. Абакан).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наши вычисления показали, что в процессе хранения бокоплавов в 70%-м растворе этилового спирта масса рачков в относительных единицах в сравнении с первоначальными показателями уменьшилась у *L. locustoides*, *O. ochotensis* и *P. zibellina* на 21, 26 и 18% соответственно. Основная доля снижения массы пришлась на начальный период консервации образцов, его продолжительность составила около 3 месяцев. Затем снижение массы наблюдалось и далее, но гораздо более низкими темпами, что дает основание говорить об относительной стабилизации весовых показателей абсолютного большинства зафиксированных образцов. Динамика снижения массы тела бокоплавов в графическом виде представлена на рисунке. Для удобства сравнения данных начальные, промежуточные и итоговые показатели массы выражены не в абсолютных, а в относительных величинах.

Нами также была выявлена некоторая зависимость снижения веса в фиксирующем растворе от пола особей. Так, для среднестатистической самки *O. ochotensis* она была достоверно ($p \leq 0,01$) на 4,4% больше, чем у самцов. Однако аналогичная разница для самцов и самок *L. locustoides* составила лишь 1,3% и оказалась случайной. В отличие от особей двух вышеупомянутых видов масса самок *P. zibellina* наоборот снизилась на 1,7% меньше, чем у самцов ($p \leq 0,01$). Необходимо обратить внимание на то, что в экспериментальных группах всех трех видов отсутствовали ювенильные особи. Таким образом, вполне вероятно, что кроме видовой принадлежности и полового диморфизма на снижение массы тела бокоплавов могут оказывать влияние их абсолютный возраст, а также наличие или отсутствие в марсупиальных камерах самок яиц. Также, вполне вероятно, что итоговые изменения массы в процессе хранения могут зависеть от сезона сбора рачков и от тех особенностей бокоплавов, которые связаны с их географической изменчивостью.



Динамика снижения массы тела у особей видов *Locustogammarus locustoides* (1), *Orchestia ochotensis* (2) и *Parhyale zibellina* (3) в процессе их консервации в 70%-м растворе этилового спирта

Dynamics of body weight reduction in amphipods of *Locustogammarus locustoides* (1), *Orchestia ochotensis* (2) and *Parhyale zibellina* (3) during preservation of samples in 70% ethanol solution

Результаты контрольных взвешиваний после каждой отдельной серии измерений показали, что рассчитанная разница между значениями массы в опыте и контроле не превышала 1% ($x_{cp} = 0,6\%$; $n = 26$). Предлагается считать, что значение этого показателя в наибольшей мере зависит от степени стандартизации процесса осушки особей перед взвешиванием.

Помимо биоэкологических особенностей бокоплавов на процесс снижения массы тела могут оказывать влияние как состав, так и концентрация в фиксирующих жидкостях различных веществ-консервантов. К ним, кроме этилового спирта, также можно отнести изопропиловый спирт, формалин и ряд других биологических консервантов. При этом концентрация в растворах двух вышеуказанных спиртов может быть различной, и чем она выше, тем более высокую скорость и долю снижения массы тела рачков можно будет ожидать на момент взвешивания. Также в некоторых случаях для снижения риска механических повреждений бокоплавов в фиксирующие растворы принято добавлять небольшое количество глицерина, и влияние этого раствора на вес фиксируемых образцов пока не изучено.

Результаты, полученные в ходе описанного эксперимента, оказались очень близкими к тем, что ранее были опубликованы Е.Н. Лупповой [1987]. Этим автором на примере бокоплавов «*Lagunogammarus (Lagunogammarus) oceanicus*» из Баренцева и «*Gammarus (Gammarus) duebeni*» из Белого морей было выяснено, что снижение массы тела в процессе их фиксации «70-градусным спиртом» может составить 30% от начальной массы. Согласно протоколу проведения эксперимента «Взвешивание производили после стабилизации спиртового веса, примерно через 1,5–2 месяца с момента фиксации...» [Луппова,

1987]. В работе Миллса и соавторов [Mills et al., 1982] был указан несколько иной интервал времени. Эти авторы обратили внимание на то, что в случае консервации амфипод в 70%-м растворе изопропилового спирта определения массы проводилось только после того, как образцы находились в растворе в течение минимум 2,5 месяца [Mills et al., 1982].

Однако упомянутые выше результаты не означают, что все те публикации, где не учитывалась степень влияния фиксирующих жидкостей на массу бокоплавов, предлагается считать малопригодными для дальнейшего использования и, прежде всего, в сравнительном анализе. Количественные значения массы особей до начала консервации с той или иной степенью точности можно будет рассчитывать реконструктивным способом, с помощью поправочных коэффициентов. Достоверность их значений и возможный диапазон применения будет зависеть от уровня тех требований, которые предъявляются к результатам решаемых исследовательских задач. В одних случаях для расчета их количественных значений потребуется провести эксперимент, аналогичный вышеописанному варианту, тогда как в других будет вполне достаточно воспользоваться усредненными показателями для группы видов, родов, семейств или даже для отдельных подотрядов Amphipoda. Согласно данным о рачках из бухт Кратерной и Соболев, а также при условии их хранения в 70%-м растворе этилового спирта в течение трех месяцев и более могут стать актуальными следующие значения поправочных коэффициентов: *L. locustoides* – 1,2; *O. ochotensis* – 1,3 и *P. zibellina* – 1,2. Вариант реконструкции первичных значений массы тела с помощью поправочных коэффициентов не является новым. Так, ранее Е.Н. Луппова уже использовала аналогичный показатель под

названием «переводной коэффициент» [Луппова, 1987]. Значение этого коэффициента было рассчитано для бокоплавов *L. oceanicus* и *G. duebeni* (?) из Баренцева и Белого морей и оказалось равным 0,7. Вполне вероятно, автор имел в виду значение коэффициента близкое к 1,43, так как умножение любого значения массы тела бокоплава на «переводной коэффициент» 0,7 снижает, а не повышает показатели массы. Еще одним примером восстановления первичных весовых показателей является использование «коэффициента конверсии консервации», или «preservation conversion factor» [Mährlein et al., 2016]. Он был рассчитан для группы, состоящей из представителей десяти таксонов пресноводных беспозвоночных. Среди них оказались бокоплав *Chelicorophium curvispinum* и еще один вид, определенный до семейства Pontogammaridae. Значение коэффициента, рассчитанного для названной группы беспозвоночных, оказалось равным 1,288. Особо отметим, что в обсуждаемой работе [Mährlein et al., 2016] всех животных после коллектирования помещали не как обычно в 4%-й раствор формальдегида, а в 96%-й раствор этилового спирта. Лишь после видовой идентификации выполняли перевод рачков в 70%-й раствор спиртосодержащей фиксирующей жидкости, а до взвешивания все экземпляры хранились не менее 50 дней до стабилизации массы тела [Mährlein et al., 2016].

Так или иначе эффективность реконструкции начальных весовых показателей в значительной степени будет зависеть от достигнутого уровня унификации или стандартизации алгоритмов получения первичных данных для расчета значений поправочных коэффициентов. Здесь следует обратить внимание не только на биоэкологические особенности бокоплавов, но и на физико-химические свойства фикси-

рующих жидкостей, а также на продолжительность хранения рачков и способы их осушки перед взвешиванием.

Безусловно, еще одним обстоятельством, способным оказывать влияние на значения показателей массы тела, является то, что в полевых условиях первичное фиксирование собранных животных весьма часто выполняется с помощью 4%-го раствора формальдегида. Лишь после сортировки содержимого гидробиологических проб на отдельные группы собранные экземпляры переносятся на хранение в спиртовые растворы. Следующий этап, связанный с видовой идентификацией особей, сопровождается их очередным перемещением и, как правило, в свежеприготовленные смеси. Все перечисленные манипуляции могут заново запускать процесс снижения массы тела рачков. Так, например, во время обработки проб со сборами бокоплавов, населяющих материковый шельф Японского моря, нами было отмечено интересное физическое состояние обнаруженных в них особей *Ampelisca macrocephala* Liljeborg, 1852. Оказалось, что некоторые из них представляли собой полупустые и внешне весьма близкие к экзувиальным хитиновым шкуркам объекты. Продолжительность периода хранения ампелисок в растворе этилового спирта до начала их обследования составила полных 12 лет.

Длительное хранение бокоплавов в растворах формальдегида с разной концентрацией способно несколько иначе, чем спиртовые растворы, оказывать влияние на массу тела. Согласно опубликованным данным [Боруцкий, Гирса, 1961], масса тела особей «*Gammarus (R.) lacustris*» из Белого озера после четырех месяцев хранения в 4%-м раствора формальдегида составила 75% от живого веса. За тот же период времени при фиксации 10%-м формалином вес рачков почти не меняется

(в среднем 98,7% от веса живых) [Боруцкий, Гирса, 1961]. Также эти авторы обнаружили, что итоговые весовые показатели могут не только снижаться, но и повышаться [Боруцкий, Гирса, 1961]. Мы не рекомендуем хранение ракообразных в формалине [Седова, 2020] в отличие от спиртосодержащих растворов, поскольку может иметь место значительное снижение гибкости тканей рачков, особенно в местах сочленения сегментов тела и, как следствие, в ряде случаев повышение вероятности утраты особями антенн, антеннул и некоторых других конечностей. Среди них могут оказаться и те, что несут важные таксономические признаки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, согласно итогам экспериментов по оценке влияния 70%-го раствора этилового спирта на массу тела трех видов бокоплавов было установлено, что после 16 лет и 3 месяцев хранения рачков *L. locustoides*, *O. ochotensis* и 13 лет для особей *P. zibellina* их средние показатели относительно начальных значений снизились на 21, 26 и 18% соответственно. Полученные результаты подтверждают данные о значительном влиянии фиксирующих растворов на массу тела бокоплавов [Боруцкий, Гирса, 1961; Луппова, 1987; Mills et al., 1982]. Следствием вновь полученных результатов являются рекомендации о весьма желательном упоминании в тексте публикаций данных о физическом состоянии особей перед началом их взвешивания. В тех случаях, когда эта процедура проводилась с использованием фиксированных животных, необходимо указывать использованный для консервации раствор, его концентрацию и общую продолжительность периода хранения в нем животных. Для восстановления значений

первичной массы бокоплавов, хранившихся в зафиксированном виде, предлагается использовать поправочные коэффициенты. Так, для особей видов *L. locustoides*, *O. ochotensis* и *P. zibellina*, хранившихся в 70%-м растворе этилового спирта не менее 3 месяцев, предлагаются следующие значения поправочных коэффициентов: 1,2; 1,3 и 1,2 соответственно.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор благодарит за помощь в организации исследовательских работ к.б.н., с.н.с. Г.М. Каменева (Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, г. Владивосток) и М.Г. Казыханову, заведующую в период проведения описанных выше экспериментов Зоологическим музеем Дальневосточного государственного университета (в настоящее время Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток).

ЛИТЕРАТУРА

- Боруцкий Е.В. 1958. К методике определения размерно-весовой характеристики беспозвоночных организмов, служащих пищей рыб. *Вопросы ихтиологии*. Вып. 11. С. 181–187.
- Боруцкий Е.В., Гирса И.И. 1961. К методике определения размерно-весовой характеристики беспозвоночных организмов, служащих пищей рыб. Сообщение IV. *Вопросы ихтиологии*. Вып. 17. С. 150–158.
- Дегтярева Л.В., Кострыкина Т.А., Кашин Д.В. 2020. Отношение организмов семейства Gammaridae к содержанию кислорода в придонном слое воды в Северном Каспии. *Вестник Астраханского государственного технического университета*. Серия: Рыбное хозяйство. № 1. С. 61–67.
- Дулепов В.И. 1995. Продукционные процессы в популяциях водных животных. Владивосток: Дальнаука. 246 с.
- Дулепов В.И., Дулепова Е.П., Пойс В.О. 1986. Биология и продукция ракообразных Курильских островов. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 356 с.

- Луппова Е.Н. 1987. Экология литоральных бокоплавов *Gammarus (Lagunogammarus) oceanicus* и *Gammarus (Gammarus) duebeni* как возможных объектов марикультуры в северных морях. Препринт. Апатиты: ММБИ Кольский филиал АН СССР. 28 с.
- Романова Н.Н. 1973. Экология и количественное распределение автохтонных гаммарид Каспийского моря. *Труды ВНИРО*. Т. 80. Вып. 3. С. 73–103.
- Седова Н.А. 2020. Особенности личиночного развития креветок рода *Spirontocaris* (Decapoda, Thoridae) из северо-западной части Тихого океана. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 51. С. 73–82.
- Köhn J., Sammour M. 1990. Lebensgeschichte und produktion von *Bathyporeia pilosa* Lindström, 1855 (Amphipoda, Haustoriidae) in der westlichen Ostsee. *Zoologischer Anzeiger*. Vol. 224 (3/4). P. 165–174.
- Mährlein M., Pätzig M., Brauns M., Dolman A.M. 2016. Length-mass relationships for lake macro-invertebrates corrected for back-transformation and preservation effects. *Hydrobiologia*. Vol. 768. P. 37–50.
- Mills E.L., Pittman K., Munroe B. 1982. Effect of Preservation on the Weight of Marine Benthic Invertebrates. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Vol. 39. №. 1. P. 221–224.
- Scapini F., Campacci F., Audoglio M. 1999. Variation among natural populations of *Talitrus saltator* (Amphipoda): morphometric analysis. *Crustaceana*. Vol. 72(7). P. 659–672.
- Widerholm T., Eriksson L. 1977. Effects of alcohol-preservation on the weight of some benthic invertebrates. *Zoon*. Vol. 5. №. 1. P. 29–31.
- Gammaridae to the oxygen content in the bottom layer of water in the Northern Caspian. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Astrakhan State Technical University)*. Series: Rybnoe hozyajstvo (Fishery). № 1. P. 61–67 (in Russian).
- Dulepov V.I. 1995. Production processes in aquatic animal populations. Vladivostok: Dal'nauka Publ. 1995. 246 p. (in Russian).
- Dulepov V.I., Dulepova E.P., Pojs V.O. 1986. Biology and production of crustaceans of the Kuril Islands. Vladivostok: DVNTs AN SSSR (Far East Scientific Centre of the USSR Academy of Sciences). 356 p. (in Russian).
- Luppova E.N. 1987. Ecology of littoral amphipods *Gammarus (Lagunogammarus) oceanicus* and *Gammarus (Gammarus) duebeni* as possible targets for mariculture in northern seas. *Preprint. Apatity: MMBI, Kola Branch of the USSR Academy of Sciences*. 28 p. (in Russian).
- Romanova N.N. 1973. Ecology and quantitative distribution of autochthonous gammarids of the Caspian Sea. *Trudy VNIRO (Proceedings VNIRO)*. Vol. 80(3). P. 73–103 (in Russian).
- Sedova N.A. 2020. Features of larval development of shrimps of the genus *Spirontocaris* (Decapoda, Thoridae) from the northwestern part of the Pacific. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Vol. 51. P. 73–82 (in Russian).
- Köhn J., Sammour M. 1990. Lebensgeschichte und produktion von *Bathyporeia pilosa* Lindström, 1855 (Amphipoda, Haustoriidae) in der westlichen Ostsee. *Zoologischer Anzeiger*. Vol. 224 (3/4). P. 165–174.
- Mährlein M., Pätzig M., Brauns M., Dolman A.M. 2016. Length-mass relationships for lake macro-invertebrates corrected for back-transformation and preservation effects. *Hydrobiologia*. Vol. 768. P. 37–50.
- Mills E.L., Pittman K., Munroe B. 1982. Effect of Preservation on the Weight of Marine Benthic Invertebrates. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Vol. 39. №. 1. P. 221–224.
- Scapini F., Campacci F., Audoglio M. 1999. Variation among natural populations of *Talitrus saltator* (Amphipoda): morphometric analysis. *Crustaceana*. Vol. 72(7). P. 659–672.
- Widerholm T., Eriksson L. 1977. Effects of alcohol-preservation on the weight of some benthic invertebrates. *Zoon*. Vol. 5. №. 1. P. 29–31.

REFERENCES

- Borutskij E.V. 1958. Towards a methodology for determining the size and weight characteristics of invertebrate organisms that serve as fish food. *Voprosy ichthyologii (Journal of Ichthyology)*. Vol. 11. P. 181–187 (in Russian).
- Borutskij E.V., Girsu I.I. 1961. Towards a methodology for determining the size and weight characteristics of invertebrates that serve as food for fish. Communication IV. *Voprosy ichthyologii (Journal of Ichthyology)*. Vol. 17. P. 150–158 (in Russian).
- Degtyareva L.V., Kostrykina T.A., Kashin D.V. 2020. The relation of organisms of the family

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ
INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Асочаков Анатолий Андреевич – Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова; 655000, Россия, Абакан; кандидат биологических наук, заведующий Учебно-научной лабораторией биологического разнообразия кафедры «Биология»; asochakov@mail.ru. SPIN-код: 7275-4956, Author ID: 223078.

Asochakov Anatoliy Andreevich – Khakass State University named after N.F. Katanov; 655000, Russia, Abakan; Candidate of Biological Sciences, Head of the Biodiversity Learning and Research Laboratory, Chair of Biology; asochakov@mail.ru. SPIN-code: 7275-4956, Author ID: 223078.

Статья поступила в редакцию 04.07.2023; одобрена после рецензирования 11.09.2023; статья принята к публикации 25.09.2023.

The article was submitted 04.07.2023; approved after reviewing 11.09.2023; accepted for publication 25.09.2023.

**НАСЕЛЕНИЕ МОРСКИХ ПТИЦ НА ТРАЛОВОМ ПРОМЫСЛЕ МИНТАЯ
В ТИХООКЕАНСКИХ ВОДАХ КАМЧАТКИ
И СЕВЕРНЫХ КУРИЛЬСКИХ ОСТРОВОВ В ПОЗДНЕОСЕННИЙ ПЕРИОД**

Артюхин Ю.Б.

Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, проспект Рыбаков, 19а.

Исследования проводили в октябре – декабре 2022 г. в тихоокеанских водах Юго-Восточной Камчатки и Северных Курильских о-вов с борта среднетоннажного траулера, занятого промыслом минтая. Учитывали морских птиц на трансектных маршрутах на переходах и в околосудовых скоплениях во время промысловых операций. Всего зарегистрировано 28 видов, в основном чайковых и чистиковых. Средняя плотность распределения на обследованной акватории – 25,8 особей/км². В количественном выражении преобладали чистиковые (58,6%) и буревестниковые (27,4%). Большинство трубконосых и чайковых птиц (15 видов), кочующих в районах промысла, концентрировались у траулера, куда их привлекали отходы переработки уловов. Самыми массовыми были глупыш и тонкоклювый буревестник, численность которых доходила до 20 и 5 тыс. особей соответственно. Величина скоплений значительно менялась в течение промысла. Население морских птиц имело переходный характер, так как состояло из местных видов, еще продолжавших держаться в районах гнездования, а также пролетных и прибывающих сюда на зимовку из других регионов.

Ключевые слова: Курильские острова, морские птицы, население птиц, распределение, судовые учеты, численность, Юго-Восточная Камчатка.

**POPULATION OF SEABIRDS IN THE POLLOCK TRAWL FISHERY
FROM THE PACIFIC WATERS OF KAMCHATKA
AND NORTHERN KURIL ISLANDS IN LATE AUTUMN SEASON**

Artukhin Yu.B.

Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Rybakov Prospect 19a.

The research was carried out in October – December 2022 in the Pacific waters of Kamchatka and the Northern Kuril Islands on aboard medium-tonnage trawler fishing for pollock. We counted seabirds on line transects and in near-vessel aggregations. A total of 28 species were recorded, mainly larids and alcids. The density of bird distribution in the surveyed seawater area was 25.8 birds/km² on average. Among them alcids (58.6%) and procellariids (27.4%) predominated. Most of the tubenoses and larids (15 species) wandering in the fishing areas were concentrated near the trawler, where they fed on catch processing waste.

The most abundant were the northern fulmar and short-tailed shearwater, whose numbers reached 20 and 5 thousand individuals, respectively. The size of the near-vessel aggregations varied significantly during the fishing period. The population of seabirds had a transitional character, as it consisted of resident species that still continued to stay in the nesting areas, as well as transiting and arriving here for the winter from other regions.

Key words: Kuril Islands, seabirds, bird population, distribution, vessel surveys, numbers, South-Eastern Kamchatka.

ВВЕДЕНИЕ

Тихоокеанские воды Камчатки и Курильских о-вов представляют собой обширную область гнездования, кочевок и зимовок разных видов морских птиц, как размножающихся в этом районе, так и прибывающих сюда из других регионов Мирового океана [Артюхин, 2022; Лобков, Пилипенко, 2022]. Наши представления о позднеосеннем населении птиц в рассматриваемой акватории основаны главным образом на результатах наблюдений В.П. Шунтова [1988, 1998, 2016], который в ноябре – декабре 1986 г. во время комплексной съемки эпипелагиали в исключительной экономической зоне выполнил в этом районе серию трансектных учетов птиц и показал особенности их видового состава, численности и распределения.

Акватории, омывающие юго-восток Камчатки и север Курильских островов, являются также областью обитания восточнокамчатской популяции минтая *Gadus chalcogrammus*, ареал которой простирается в границах двух рыболовных районов – Петропавловско-Командорской подзоны (61.02.1) и Северо-Курильской зоны (61.03) [Варкентин, Сергеева, 2017; Григорьев, 2021]. В 2021 г. НКО «Ассоциации добытчиков минтая» (АДМ) сертифицировала его специализированный траловый лов по стандартам Морского попечительского совета (Marine Stewardship Council). Согласно условиям сертификации АДМ организует научно-исследовательские ра-

боты по вопросам влияния промысла на морских птиц. Разработанная нами программа исследований [Артюхин, 2023] содержит ряд направлений, в том числе изучение фоновое населения птиц в районах проведения промысла и особенностей скоплений птиц, формирующихся у судов во время тралений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Наблюдения проводили на борту среднетоннажного траулера типа СРТМ «Мыс Муравьева» (АО «Сахалин Лизинг Флот», группа компаний «Норебо») в Петропавловско-Командорской подзоне и Северо-Курильской зоне в период с 19 октября по 6 декабря 2022 г. Для характеристики населения птиц мы использовали два метода сбора информации: на переходах – учеты на трансектах (маршрутах определенной длины и ширины), а во время тралений – подсчеты в околосудовых скоплениях, образующихся на сливаемых из рыбозавода отходах переработки уловов.

Трансектные учеты проводили по методу, предложенному американскими специалистами для условий Северной Пацифики [Gould, Forsell, 1989], который мы неоднократно использовали в разных районах дальневосточных морей [Artukhin, 2006; Артюхин, 2019, 2021б, 2022]. Наблюдения вели из ходовой рубки траулера (12 м над уровнем моря), двигавшегося со скоростью в среднем 18,9 км/ч. При анализе результатов трансекты делили

на 10-минутные интервалы, а учетные данные в каждом из этих промежутков суммировали и усредняли, после чего для всех видов птиц рассчитывали среднюю плотность распределения (M) и ошибку средней (SE). Общая протяженность трансекта, отработанных в период с 24 октября по 6 декабря, составила 444 км площадью 133 км², а общее время учетов – 23,2 ч (139 учетов по 10 мин: 59 – в Петропавловско-Командорской подзоне и 80 – в Северо-Курильской зоне).

Скопления птиц, формирующиеся у траулера во время промысловых операций, изучали с помощью подходов, разработанных нами в 2015 г. в Охотоморской минтаевой экспедиции [Артюхин, 2018]. В течение каждых судосудок лова мы регулярно осматривали в бинокль акваторию вокруг траулера и проводили повидовой учет всех птиц в пределах видимости. В плотных группах соотношение численности крупных белоголовых чаек и цветковых морф глупыша определяли путем выборочных просчетов с последующей экстраполяцией на общую дневную численность. Для более корректной оценки применяли также цифровую фотосъемку с подсчетом птиц на мониторе компьютера. Для анализа использовали показатели максимальной численности в день для каждого вида (наибольшее количество особей, обнаруженных за один учет). Исключением был только белоспинный альбатрос – приоритетный вид в данном исследовании, для которого результаты нескольких учетов за день определенным образом суммировали.

В течение всего дня мы регулярно отслеживали количество и возрастной состав этих альбатросов около судна и старались сфотографировать каждую особь. Затем по особенностям окраски и поведения, наличию пластиковых и металлических колец

на ногах пытались идентифицировать птиц, чтобы избежать повторного включения их в результаты следующих учетов. При одновременном присутствии около судна нескольких птиц принимали их за единое скопление, время и координаты которого регистрировали на момент его наибольшей численности. По итогам наблюдений за день суммировали численность таких скоплений, а также всех одиночных транзитных птиц, появившихся у судна без задержки. Всего в анализ включены результаты наблюдений в течение 40 судосудок лова: 6 – в Петропавловско-Командорской подзоне (19–23 октября и 29 ноября) и 34 – в Северо-Курильской зоне (в период с 24 октября по 4 декабря).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В позднеосенний период 2022 г. в акватории Юго-Восточной Камчатки и Северных Курильских о-вов на трансектных маршрутах учтены 2 634 особи как минимум 26 видов морских птиц (табл. 1).

Численность птиц, концентрировавшихся у СРТМ «Мыс Муравьева» во время промысловых операций, была многократно выше, но видовое разнообразие оказалось ниже – всего 15 видов (табл. 2).

Такая разница в количестве зарегистрированных видов обусловлена тем, что учеты на трансектах мы проводили не только по внешнему краю шельфа, но и на прибрежных мелководьях (рис. 1), в то время как все траления проходили за пределами территориальных вод в зоне шельфовой бровки и континентального склона (рис. 2).

Кроме того, скопления птиц около траулера формировали исключительно трубконосые и чайковые птицы, так как представителей других таксонов сливаемые за борт отходы не привлекали.

Таблица 1. Видовой состав и плотность распределения морских птиц по результатам трансектных учетов в районах тралового промысла минтая в Петропавловско-Командорской подзоне (61.02.2) и Северо-Курильской зоне (61.03) в позднесенний период 2022 г. (особей/км²)

Table 1. Species composition and density of seabirds according to the results of line transect counts in the pollock trawl fishery areas in Petropavlovsk-Commander subzone (61.02.2) and North Kuril zone (61.03) in late autumn period of 2022 (birds/km²)

Вид	Промысловый район					
	61.02.2 (53,1 km ²)		61.03 (81,1 km ²)		Оба района (133,2 km ²)	
	M	SE	M	SE	M	SE
Горбоносый турпан <i>Melanitta deglandi</i>	–	–	0,155	–	0,089	–
Морянка <i>Clangula hyemalis</i>	0,056	–	0,274	–	0,182	0,159
Белоклювая гагара <i>Gavia adamsi</i>	–	–	0,015	–	0,009	–
Гагара, не определенная до вида <i>Gavia</i> spp.	0,033	0,023	–	–	0,014	0,010
Белоспинный альбатрос <i>Phoebastria albatrus</i>	–	–	0,023	0,016	0,013	0,009
Черноногий альбатрос <i>Phoebastria nigripes</i>	–	–	0,036	0,028	0,021	0,016
Темноспинный альбатрос <i>Phoebastria immutabilis</i>	0,336	0,080	0,747	0,120	0,572	0,079
Глупыш <i>Fulmarus glacialis</i>	2,331	0,225	7,585	1,985	5,355	1,164
Тонкокловый буревестник <i>Ardenna tenuirostris</i>	1,738	0,476	1,679	0,569	1,704	0,383
Сизая качурка <i>Oceanodroma furcata</i>	0,016	–	0,148	0,102	0,092	0,059
Берингов баклан <i>Phalacrocorax pelagicus</i>	0,018	–	0,127	0,058	0,081	0,034
Краснолицый баклан <i>Phalacrocorax urile</i>	0,020	–	0,090	0,070	0,060	0,041
Баклан, не определенный до вида <i>Phalacrocorax</i> spp.	0,114	0,080	1,133	0,861	0,701	0,497
Сизая чайка <i>Larus canus</i>	0,235	0,091	0,011	–	0,106	0,040
Тихоокеанская чайка <i>Larus schistisagus</i>	1,983	0,369	0,560	0,107	1,164	0,178
Восточносибирская чайка <i>Larus vegae</i>	0,048	0,027	0,087	0,029	0,070	0,020
Серокрылая чайка <i>Larus glaucescens</i>	0,175	0,083	0,078	0,039	0,119	0,042
Бургомистр <i>Larus hyperboreus</i>	0,018	–	0,011	–	0,014	0,010
Розовая чайка <i>Rhodostethia rosea</i>	–	–	0,022	–	0,013	–
Моевка <i>Rissa tridactyla</i>	0,322	0,121	0,230	0,063	0,269	0,063
Красноногая говорушка <i>Rissa brevirostris</i>	–	–	0,047	0,023	0,027	0,014
Тонкокловая и толстокловая кайры <i>Uria aalge</i> , <i>Uria lomvia</i>	21,061	5,915	1,022	0,248	9,528	2,641
Старик <i>Synthliboramphus antiquus</i>	0,188	–	–	–	0,080	–
Большая конюга <i>Aethia cristatella</i>	8,740	3,584	2,001	1,212	4,861	1,690
Конюга-крошка <i>Aethia pusilla</i>	1,182	0,438	0,180	0,100	0,605	0,198
Топорок <i>Lunda cirrhata</i>	–	–	0,013	–	0,007	–
Все виды	38,615	8,647	16,273	3,587	25,756	4,297

Примечание. В скобках – площадь акватории, охваченная учетными трансектами.

Note. In parentheses – water area covered by the accounting transects.

Таблица 2. Численность околосудовых скоплений морских птиц на траловом промысле минтая в Петропавловско-Командорской подзоне (61.02.2) и Северо-Курильской зоне (61.03) в позднесенний период 2022 г. (особей/судосутки лова)

Table 2. Number of near-vessel seabird aggregations in the pollock trawl fishery in Petropavlovsk-Commander subzone (61.02.2) and North Kuril zone (61.03) in late autumn period of 2022 (birds per vessel day)

Вид	Промысловый район					
	61.02.2 (n = 6)		61.03 (n = 34)		Оба района (n = 40)	
	M	SE	M	SE	M	SE
Белоспинный альбатрос <i>Phoebastria albatrus</i>	8,33	1,93	3,35	0,24	4,10	0,44
Черноногий альбатрос <i>Phoebastria nigripes</i>	1,83	0,48	2,32	0,29	2,25	0,26
Темноспинный альбатрос <i>Phoebastria immutabilis</i>	435,00	104,04	173,38	17,33	212,63	25,45

Окончание табл. 2

The end of the Table 2

Вид	Промысловый район					
	61.02.2 (n = 6)		61.03 (n = 34)		Оба района (n = 40)	
	M	SE	M	SE	M	SE
Глупыш <i>Fulmarus glacialis</i>	12 083,33	2 696,96	6 735,29	549,36	7 537,50	671,15
Тонкокловый буревестник <i>Ardeia tenuirostris</i>	2 208,50	847,50	405,47	75,77	675,93	169,03
Северная качурка <i>Oceanodroma leucorhoa</i>	–	–	0,03	–	0,03	–
Сизая качурка <i>Oceanodroma furcata</i>	0,17	–	0,38	0,15	0,35	0,13
Сизая чайка <i>Larus canus</i>	0,83	0,40	1,41	0,32	1,33	0,28
Тихоокеанская чайка <i>Larus schistisagus</i>	310,22	76,21	99,66	10,67	131,24	18,40
Восточносибирская чайка <i>Larus vegae</i>	279,66	87,35	36,62	8,44	73,07	19,77
Серокрылая чайка <i>Larus glaucescens</i>	16,59	3,70	8,07	0,83	9,35	1,00
Бургомистр <i>Larus hyperboreus</i>	1,88	0,67	0,96	0,15	1,10	0,16
Озерная чайка <i>Larus ridibundus</i>	–	–	0,03	–	0,03	–
Моевка <i>Rissa tridactyla</i>	30,33	7,49	7,35	0,85	10,80	1,82
Красноногая говорушка <i>Rissa brevirostris</i>	–	–	0,94	0,17	0,80	0,16
Все виды	15 376,67	3 667,69	7 475,28	610,92	8 660,49	855,12

Примечание. В скобках – количество судосуток лова, в течение которых проводили учеты.

Note. In parentheses – number of vessel days during which counts were conducted.

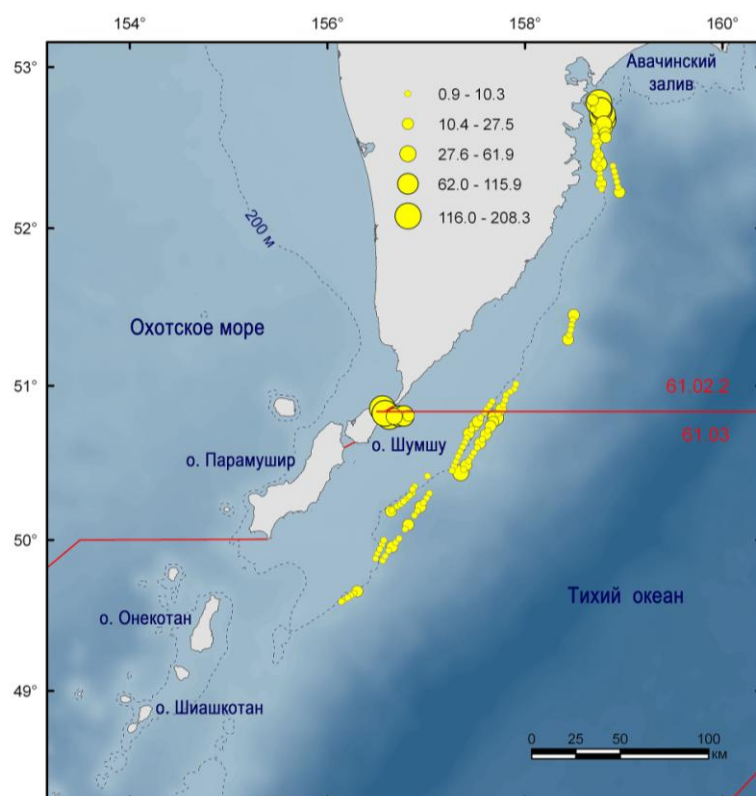


Рис. 1. Распределение и численность морских птиц всех видов по результатам трансектных учетов в районах тралового промысла минтая в Петропавловско-Командорской подзоне (61.02.2) и Северо-Курильской зоне (61.03) в позднеосенний период 2022 г. (особей/км²)

Fig. 1. Distribution and number of seabirds according to the results of line transect counts in the pollock trawl fishery areas in Petropavlovsk-Commander subzone (61.02.2) and North Kuril zone (61.03) in late autumn period of 2022 (birds/km²)

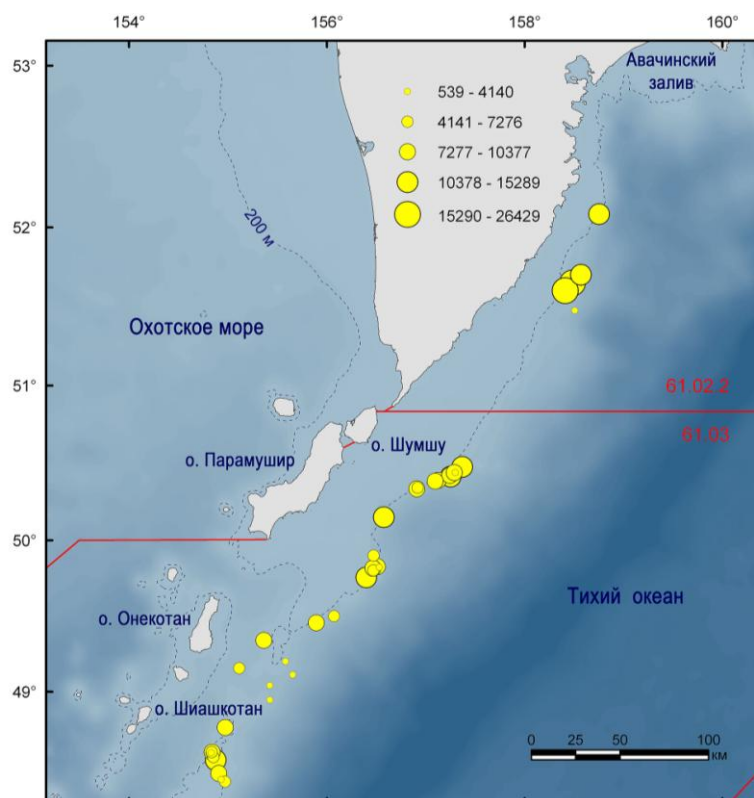


Рис. 2. Распределение и численность околосудовых скоплений морских птиц всех видов на траловом промысле минтая в Петропавловско-Командорской подзоне (61.02.2) и Северо-Курильской зоне (61.03) в позднеосенний период 2022 г. (особей/судосутки лова)

Fig. 2. Distribution and number of near-vessel seabird aggregations in the pollock trawl fishery in Petropavlovsk-Commander subzone (61.02.2) and North Kuril zone (61.03) in late autumn period of 2022 (birds per vessel day)

Ниже представлены краткие комментарии по видам, зарегистрированным во время учетных работ.

Морских уток наблюдали только на прибрежных трансектах. Стаи горбоносых турпанов (13 особей) и морянок (25 особей) встретили 12 ноября в Первом Курильском проливе. Еще одну морянку видели 13 ноября на подходе к Авачинской губе (табл. 1).

Среди трех одиночных гагар достоверно удалось определить до вида только белоклювую, которую отметили 5 декабря на маршруте вдоль бровки шельфа на траверзе о. Парамушир. Две другие особи, встреченные 15 ноября в акватории Авачинского залива, были либо чернозобыми *Gavia arctica*, либо белошейными *Gavia picifica* гагарами (табл. 1).

Из трех видов северотихоокеанских альбатросов в фоновом населении птиц только темноспинный оказался малочисленным в обоих рыболовных районах: всего учтено 74 особи с плотностью распределения до 5 особей/км² на 10-минутной трансекте (табл. 1).

Около траулера эти птицы держались ежедневно в количестве в среднем 213 особей (табл. 2). Максимальные по размерам скопления (до 800 особей) наблюдали на юго-востоке Камчатки в начале промысла, в дальнейшем численность вида волнообразно сокращалась (рис. 3, а).

В перерывах между кормлениями темноспинные альбатросы часто собирались на отдых моновидовыми группами из 3–240, в среднем 44 особей ($n = 68$).

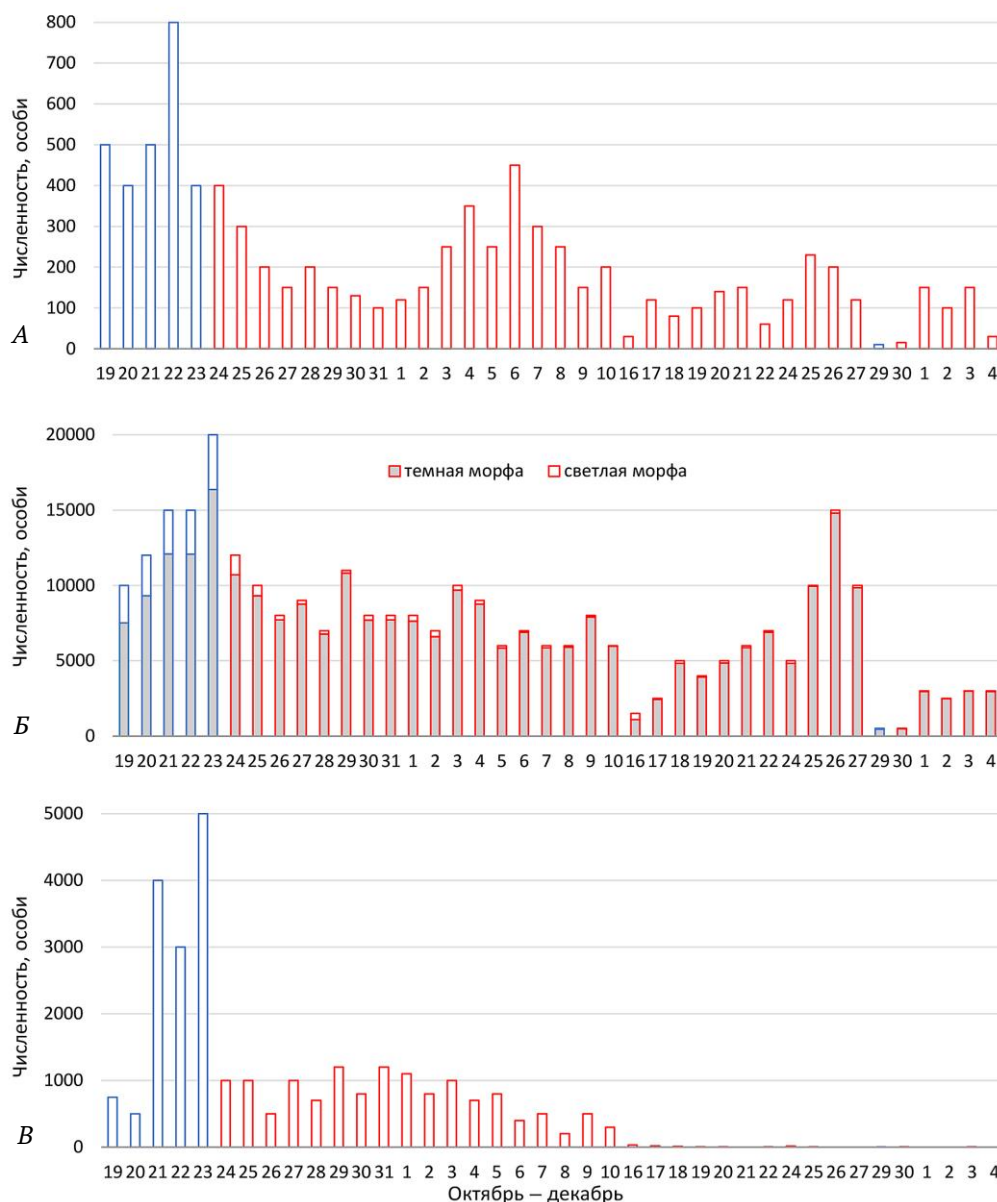


Рис. 3. Динамика численности трубконосых птиц около судна в октябре – декабре 2022 г.: А – темнопинный альбатрос, Б – глупыш, В – тонкоклювый буревестник. Синие столбцы – судосутки лова в Петропавловско-Командорской подзоне, красные – в Северо-Курильской зоне

Fig. 3. Dynamics of number of tubenoses around vessel in October–December of 2022: А – Laysan albatross, Б – northern fulmar, В – short-tailed shearwater. Blue columns are vessel days in Petropavlovsk-Comandor sub-zone, red columns – in North Kuril zone

Белоспинных альбатросов на трансектах регистрировали всего лишь дважды поодиночке 24 октября (табл. 1), в то время как во время тралений их наблюдали каждые из 40 судосутки в количестве от 1 до 13, в среднем 4 особи в день (табл. 2). Всего учтены 164 особи. Численность альбатросов вокруг судна была наивысшей в первые дни рейса у побережья Юго-Вос-

точной Камчатки, в последующий период промысла в прикурильских водах птиц стало меньше, вероятно, в связи с откоческой половозрелых птиц на гнездовья к началу сезона размножения. Среди 166 отмеченных альбатросов 22,5% были взрослыми особями, 22,0% – неполовозрелыми в промежуточных нарядах и 55,5% – молодыми в 1–2-летнем возрасте.

Двух взрослых черноногих альбатросов наблюдали на трансектах 24 и 26 октября (табл. 1). Около судна они появлялись в обоих промысловых районах в течение 35 из 40 судосуток лова по 1–6, в среднем 2 особи в день (табл. 2). С середины ноября численность альбатросов стала заметно снижаться в связи с перемещением в более теплые южные широты. Среди птиц преобладали неполовозрелые особи (60,2%; $n = 93$).

Глупыш – обычный вид (табл. 1), который встречался на протяжении всех учетных маршрутов общим числом 759 особей. Максимальную плотность распределения (до 129 особей/км² на 10-минутной трансекте) отметили 12 ноября в Первом Курильском проливе, где птицы интенсивно передвигались в сторону Охотского моря. Соотношение цветовых морф в исследованном районе было характерным для этого вида [Шунтов, 1988, 1998, 2016]: в более северной Петропавловско-Командорской подзоне светлоокрашенных птиц больше, чем в расположенной южнее Северо-Курильской зоне (22,3 и 16,1% соответственно). Глупыши составляли основу околосудовых скоплений птиц. Они держались у траулера ежедневно в количестве от 500 до 20 тыс. особей, в среднем более 7,5 тыс. особей (табл. 2). Самые крупные концентрации наблюдали в акватории Юго-Восточной Камчатки, где, предположительно, кочуют птицы как с Командорских, так и с Курильских о-вов [Артюхин, 2022]. Повсеместно доминировали особи темной морфы, причем их доля увеличивалась с 79,8% в Петропавловско-Командорской подзоне до 96,8% в Северо-Курильской зоне (рис. 3, б).

Тонкоклювые буревестники в период наших работ находились на завершающем этапе миграции в Северном полушарии. На учетных маршрутах они были в целом обычными (табл. 1), всего учтено 215 птиц

с локальной плотностью распределения до 37 особей/км². Массовых скоплений, характерных для этого вида в летний период [Шунтов, 1998; Артюхин, 2003], мы ни разу не наблюдали, максимальные размеры стай не превышали 20 особей. Вокруг судна буревестники концентрировались в заметном числе до конца первой декады ноября, образуя конгрегации величиной до 5 тыс. особей; позднее их почти не осталось (рис. 3, в).

В границах двух рассматриваемых рыболовных районов в летний и осенний периоды кочует также близкородственный серый буревестник *Ardena griseus* [Артюхин, 2003; Artukhin, 2006]. Причем в отечественной литературе бытует мнение, что этот вид держится в прикурильских водах до поздней осени [Шунтов, 1988, 1998]. Однако все буревестники, специально осмотренные нами с близкого расстояния на трансектах и в околосудовых скоплениях, оказались тонкоклювыми. Очевидно, более теплолюбивый серый буревестник в отличие от тонкоклювого покинул район работ до начала наших исследований. Косвенным доказательством тому служат наблюдения на Алеутских о-вах, где самые поздние документированные находки этого вида датируются второй декадой сентября [Gibson, Byrd, 2007], а также данные спутниковой телеметрии, согласно которым на возвратной миграции серые буревестники пересекают экватор в первой половине октября [Shaffer et al., 2006].

Из двух видов качурок на трансектах мы видели только сизую в малом числе: одиночку 24 октября, одну и 8 особей 16 ноября и трех 24 ноября (табл. 1). Крупных скоплений, наблюдаемых здесь в летнее время [Шунтов, 1998; Артюхин, 2003], не было, так как практически все северные качурки и основная часть сизых уже переместились на зимовки в открытые воды океана. Северную качурку мы отметили

только однажды: под утро 27 октября на широте о. Онекотан птица села на палубу нижнего мостика. Сизых качурок во время дневных промысловых операций в около-судовых скоплениях мы не видели ни разу. Однако ночью, особенно в прикурильских водах, неоднократно наблюдали одиночных птиц, залетевших в зону освещения палубы, и кроме того находили упавших на судно живых и погибших качурок.

Беринговых и краснолицых бакланов, ведущих прибрежный образ жизни, наблюдали только на трансектах, которые проходили вблизи суши. По 1–2 особи обоих видов попали в учет 13 и 15 ноября на шельфе Авачинского залива. В значительном количестве с локальной плотностью до 74 особей/км² на 10-минутной трансекте мы отметили бакланов 12 ноября при прохождении Первым Курильским проливом. Там продолжалась миграция с м. Лопатка в сторону о. Шумшу, активная фаза которой начинается во второй половине сентября [Лобков, 2003], и, как оказалось по нашим наблюдениям, продолжается в течение как минимум двух месяцев.

Род *Larus* представлен преимущественно обычной по численности тихоокеанской чайкой (табл. 1). На маршрутах мы насчитали 119 птиц (105 взрослых и 14 неполовозрелых). Наиболее плотные концентрации (до 11,1 особей/км²) наблюдали на шельфе Авачинского залива и в Первом Курильском проливе, а на удаленных от суши трансектах эти чайки были в целом малочисленны. В скоплениях вокруг судна доля вида составляла 60,7% всех крупных белоголовых чаек. Птиц наблюдали во все дни тралений в количестве от 7 до 536, в среднем 131 особь (табл. 2). Численность была выше на Юго-Восточной Камчатке, где промысел вели ближе к берегу, чем на более удаленных от суши акваториях Северных Курильских о-вов (рис. 4, а). В от-

личие от результатов учетов на трансектах взрослые птицы количественно преобладали над неполовозрелыми (60,7%; $n = 674$).

Серокрылые чайки, прилетающие на азиатские зимовки в основном с американских колоний [Шунтов, 1988; Лобков, 2003], на трансектах отмечены в количестве 14 взрослых особей главным образом в Авачинском заливе и Первом Курильском проливе (табл. 1). В скоплениях доля вида среди крупных чаек равнялась 4,7%. Мы встречали его ежедневно в количестве от 1 до 30, в среднем 9 особей (табл. 2). Численность этих чаек около судна была вдвое выше на юго-востоке Камчатки, чем в северокурильском районе. Среди них преобладали взрослые птицы (58,5%; $n = 82$).

Мигрирующих вдоль камчатского побережья одиночных сизых чаек наблюдали на трансектах 12, 13 и 15 ноября, всего 10 взрослых особей (табл. 1). У судна они появлялись в течение 22 из 40 дней наблюдений в количестве от 1 до 8 особей (табл. 2). Пик пролета этого вида в районе наших работ пришелся на конец октября – начало ноября. Среди осмотренных 54 чаек взрослых особей было немного больше (59,2%), чем неполовозрелых.

Восточносибирская чайка, гнездящаяся к северу от района наших исследований [Шунтов, 1998], на судовых учетах была редка (табл. 1); на трансектах мы насчитали всего 11 взрослых особей. Однако в скоплениях это – второй по численности вид в группе *Larus* spp. (33,8%), которого наблюдали каждый день, за исключением одного, по 1–547, в среднем 73 особи (табл. 2). Пик пролета этих чаек на зимовки, расположенные в основном на побережьях Японии, Кореи и Китая [Brazil, 2009], в период наших работ пришелся на третью декаду октября (рис. 4, б). Среди 303 осмотренных птиц 216 особей были взрослыми, остальные – неполовозрелыми.

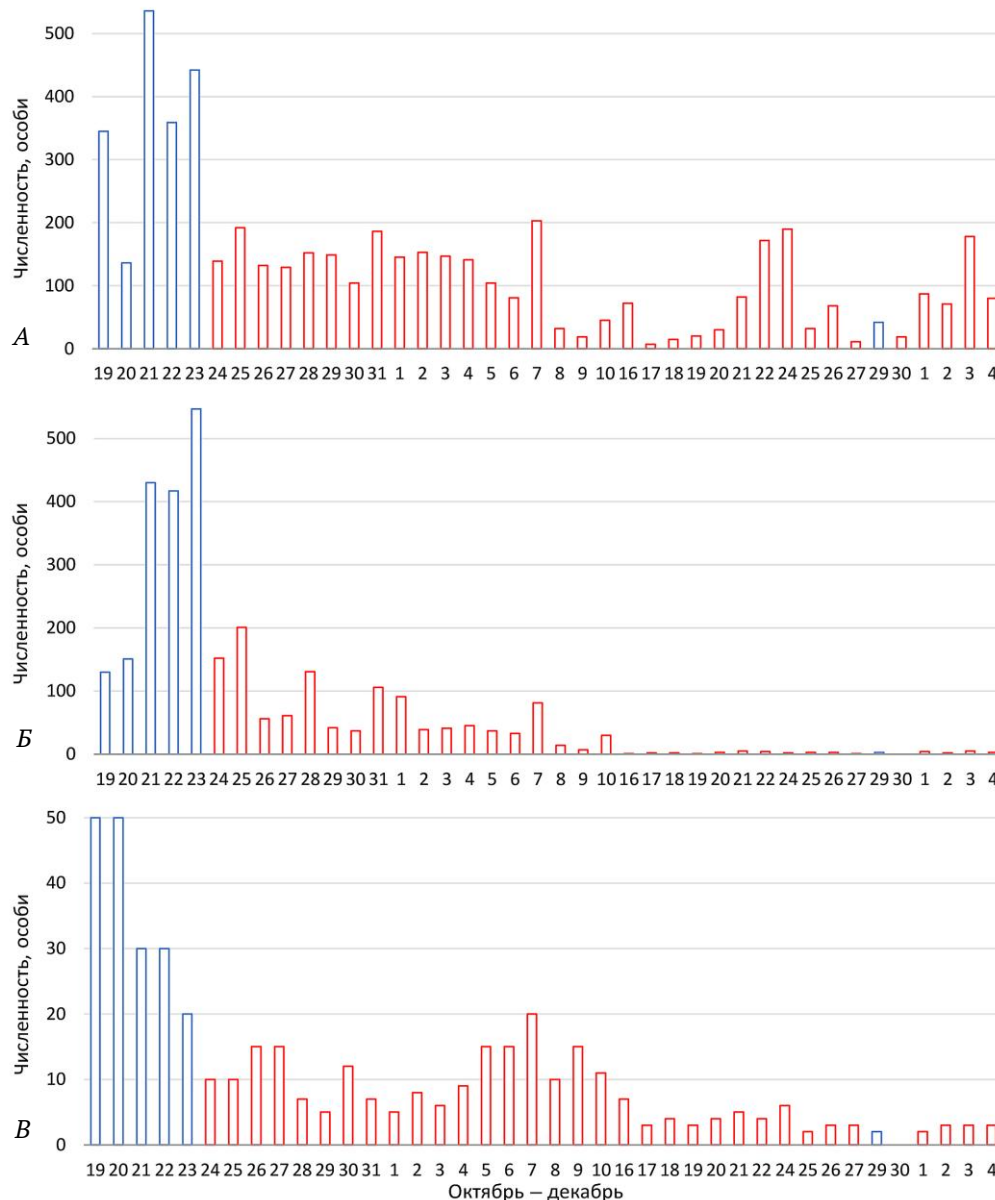


Рис. 4. Динамика численности чайковых птиц около судна в октябре – декабре 2022 г.: А – тихоокеанская чайка, Б – восточносибирская чайка, В – моевка. Синие столбцы – судосутки лова в Петропавловско-Командорской подзоне, красные – в Северо-Курильской зоне

Fig. 4. Dynamics of number of larids around vessel in October–December of 2022: А – slaty-backed gull, Б – Vega gull, В – black-legged kittiwake. Blue columns are vessel days in Petropavlovsk-Commander subzone, red columns – in North Kuril zone

Прибывающие на зимовку с севера бургомистры были редки (табл. 1); на трансектах мы видели только двух птиц (взрослую и неполовозрелую в промежуточном наряде). В скоплениях бургомистр занимает лишь 0,5% численности крупных белоголовых чаек, так как его зимние местообитания связаны с ледовыми ланд-

шафтами [Шунтов, 1998]. Птиц этого вида наблюдали в течение 26 из 40 дней тралений по 1–3 особи в день (табл. 2). Численность была выше в северной части района исследований. Из всех чаек *Larus* spp. только у бургомистра в возрастном составе доминировали неполовозрелые птицы (82,1%; $n = 28$).

Одиночную взрослую розовую чайку, передвигавшуюся в южном направлении, наблюдали во время трансектного учета 5 декабря на траверзе о. Парамушир (табл. 1), а одну удалившуюся от берега взрослую озерную чайку – около судна 29 октября на юго-востоке Камчатки (табл. 2).

Моевки на трансектах были малочисленны (табл. 1), так как основная часть птиц уже переместилась в открытые океанические районы. Всего учтено 30 особей (14 взрослых и 16 сеголетков) в основном поодиночке и однажды парой в шельфовой зоне и над свалом глубин. Во время тралений их наблюдали каждый день за исключением одного по 2–50, в среднем 11 особей (табл. 2). Больше всего моевок собиралось около судна в первые дни промысла у побережья Юго-Восточной Камчатки, в дальнейшем численность волнообразно снижалась в связи с откочевкой на зиму в открытые воды океана (рис. 4, в). В скоплениях преобладали неполовозрелые птицы, в основном сеголетки (73,6%; $n = 280$).

Кочующих одиночных взрослых красноногих говорушек отметили только в южной части обследованной акватории в количестве четырех особей на трансектах 24 и 26 октября и 5 декабря (табл. 1). В скоплениях их наблюдали в течение 20 из 40 судосудок по 1–4 особи в день (табл. 2). Будучи пелагическим видом [Шунтов, 1998] говорушка появлялась у судна исключительно в Северо-Курильской зоне и в основном с первой декады ноября. Среди 29 осммотренных птиц были только взрослые, сеголетков мы ни разу не видели.

Шесть видов чистиковых птиц наблюдали только на судовых трансектах (табл. 1). Самыми многочисленными были кайры, особенно в Авачинском заливе, где 13 ноября мы застали их массовый перелет на юг вдоль побережья с локальной плотностью распределения до 188 особей/км² на

10-минутной трансекте. Всего на маршрутах учтено 718 кайр обоих видов. Из 132 определенных до вида птиц 67,4% оказались тонкокловыми и 32,6% – толстокловыми.

Группу стариков из трех особей, еще не покинувших район гнездования, встретили 13 ноября в Авачинском заливе вблизи о. Старичков, где находится крупнейшая колония этого вида на Камчатке [Зеленская, 2010].

Большая конюга на трансектах была обычной (табл. 1). Всего мы насчитали 431 особь, причем половину из них на шельфе Авачинского залива и прилегающей акватории, где 13 ноября протекала активная миграция конюг в южном направлении с локальной плотностью распределения до 185 особей/км². Массовую формирующуюся зимовку этого вида обнаружили на банках, расположенных в 70 км восточнее о. Шиашкотан, где во время промысловых операций в третьей декаде ноября мы регулярно встречали стаи кормящихся птиц. Самую крупную концентрацию видели 25 ноября – не менее 30 тыс. особей на площади 1 × 1,5 км.

Распределение конюг-крошек было примерно таким же, как у предыдущего вида. Из 55 учтенных птиц 40 насчитали 13 и 15 ноября в Авачинском заливе и к югу от него с локальной плотностью до 17 особей/км² (табл. 1).

Топорки к началу наших работ уже покинули обследованные акватории, переместившись на зимовку в открытые воды океана. Мы видели единственную взрослую птицу на трансекте 24 октября над свалом глубин на широте Второго Курильского пролива (табл. 1).

Таким образом, по результатам учетов на трансектах и в околосудовых скоплениях в обследованной нами акватории в позднеосенний период 2022 г. зарегистрировано как минимум 28 видов морских

птиц (табл. 1 и 2). Наибольшим разнообразием отличались семейства чайковых (9 видов) и чистиковых (6 видов). На три семейства трубконосых пришлось 7 видов, а на утиных, гагаровых и баклановых – по 2 вида.

На учетных маршрутах суммарная плотность распределения птиц снижалась с севера на юг с 38,6 особей/км² в Петропавловско-Командорской подзоне до 16,3 – в Северо-Курильской зоне. В количественном выражении преобладали чистиковые (58,6%), за ними следовали буревестниковые (27,4%) и чайковые (6,9%).

Практически все виды трубконосых и чайковых птиц, кочевавшие в районах промысла восточнокамчатского минтая, концентрировались у траулера, куда их привлекали отходы переработки уловов. Для околосудовых скоплений, включающих до 15 видов, характерна значительная изменчивость численности в течение промысла в зависимости от местоположения судна и миграционной активности разных видов птиц. В период наших работ самыми массовыми были глупыш и тонкоклювый буревестник.

В целом согласно нашим результатам в районах промысла восточнокамчатского минтая позднеосенний период в населении морских птиц является переходным, что также было подчеркнуто В.П. Шунтовым [1988]. В это время происходит формирование зимовок, завершается отлет местных птиц, продолжается пролет и прибытие на зимовку разных видов из других регионов.

В завершение добавим, что одно из направлений программы исследований посвящено наблюдениям за присутствием в районах промысла минтая белоспинного альбатроса – приоритетного индикаторного объекта с целью оценки рисков применения траловых орудий лова для этого редкого вида [Артюхин, 2023]. По нашим данным и информации из всех доступных

источников, за период с 1950 г. в границах Петропавловско-Командорской подзоны и Северо-Курильской зоны кочующих белоспинных альбатросов регистрировали 117 раз в количестве 274 особи. Причем до 2022 г. были отмечены всего 92 особи, в том числе 19 из них с рыболовных судов и 46 – с борта круизных лайнеров, которые периодически курсировали здесь в 2009–2019 гг. Наши наблюдения существенно дополняют имевшуюся прежде информацию. За весь рейс мы учли 182 белоспинных альбатроса (кроме 166 птиц, отмеченных на трансектах и тралениях, еще 16 особей зарегистрировали во время переходов и штормования). Количество альбатросов, одновременно находившихся у судна, варьировало от 1 до 6, составляя в среднем 1,9 особи ($SE = 0,1$; $n = 98$).

Судя по окраске оперения, из 182 альбатросов 100 особей были молодыми птицами в возрасте 1–2 лет, 42 – неполовозрелыми в промежуточных нарядах и 40 – взрослыми. Обращает на себя внимание высокая доля половозрелых птиц (22,0%) в сравнении с Западно-Беринговоморской зоной, где взрослых птиц в 2013 и 2020 гг. было 16,8 и 4,1% соответственно [Коробов и др., 2021]. При этом мы наблюдали скопления до четырех взрослых особей одновременно (рис. 5), что ранее отмечалось лишь в Наваринском районе – главной концентрации кочующих альбатросов на российском Дальнем Востоке [Артюхин, 2021a]. Вероятно, осенью здесь пролетает значительная часть мировой популяции на обратном пути к гнездовьям, где пик прибытия размножающихся птиц приходится на первую декаду ноября [Otsubo, Higuchi, 2022]. На активное использование тихоокеанских вод Юго-Восточной Камчатки и Северных Курильских о-вов в осенний период ранее указывали только результаты мечения альбатросов спутниковыми пере-

датчиками [Orben et al., 2018]. Следовательно, наши наблюдения стали первым визуальным подтверждением того, что шельф Северных Курильских о-вов является для белоспинных альбатросов «горячей точкой» (hot spot), где эти птицы целенаправленно концентрируются в районах работы тралового флота [Orben et al., 2021]. Для дальневосточных морей России это еще и вторая по значимости акватория, играющая важную роль в сохранении мировой популяции белоспинного альбатроса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате наблюдений, проведенных с борта СРТМ «Мыс Муравьева» в позднеосенний период 2022 г., установлено, что в зоне шельфа и континентального склона тихоокеанских вод Камчатки и Северных Курильских о-вов морской орнитокомплекс включал минимум 28 видов и отличался переходным характером, так как состоял из местных птиц, еще продолжавшихся держаться в районах гнездования, а также пролетных и прибывающих сюда на зимовку из других регионов.

По результатам учетов на трансектах, средняя плотность распределения птиц в обследованной акватории составляла 25,8 особей/км². В количественном выражении преобладали чистиковые (58,6%), главным образом за счет мигрирующих и прилетевших на зимовку кайр и конюг. Доля буревестниковых в населении птиц снизилась до 27,4% в связи с завершением миграции тонкоклювых буревестников.

Большинство трубконосых и чайковых птиц, кочующих в районах промысла минтая, постоянно концентрировались у траулера, куда их привлекали отходы переработки уловов. Самыми массовыми видами были глупыш и тонкоклювый буревестник, одномоментная численность которых около судна доходила до 20 и 5 тыс. особей соответственно. Величина скоплений значительно менялась в течение периода промысла в зависимости от местоположения судна и миграционной активности разных видов птиц.

В районах дислокации тралового флота на промысле восточнокамчатского минтая в осенний период формируется вторая по значимости в дальневосточных морях концентрация белоспинных альбатросов.



Рис. 5. Группа белоспинных альбатросов из четырех взрослых особей в окружении темноспинных альбатросов и глупышей. Северо-Курильская зона, 19 ноября 2022 г.

Fig. 5. Four adult short-tailed albatrosses surrounded by Laysan albatrosses and northern fulmars. North Kuril zone, 19 November 2022

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность Ассоциации добытчиков минтая в лице ее президента А.В. Буглака за предложение провести данные исследования и логистическое обеспечение работ, а также АО «Акрос» (группа компаний «Норебо») и экипажу СРТМ «Мыс Муравьева» (капитан-директор А.А. Омаров) за помощь при оформлении в рейс и проведении наблюдений в море.

ЛИТЕРАТУРА

- Артюхин Ю.Б. 2003. Распределение и численность морских птиц в летний период в прибрежных районах Южной Камчатки и Курильских островов. *Биология и охрана птиц Камчатки*. Москва: Изд-во Центра охраны дикой природы. Вып. 5. С. 13–26.
- Артюхин Ю.Б. 2018. Околосудовые скопления морских птиц на зимнем траловом промысле минтая в Охотском море. *Известия ТИНРО*. Т. 193. С. 50–56.
- Артюхин Ю.Б. 2019. Зимнее население морских птиц открытых вод Охотского моря. *Биология моря*. Т. 45. № 1. С. 8–16.
- Артюхин Ю.Б. 2021а. Белоспинный альбатрос *Phoebastria albatrus* (Pallas, 1769). В кн. Красная книга Российской Федерации, том «Животные». 2-ое издание. Москва: ФГБУ «ВНИИ Экология». С. 522–524.
- Артюхин Ю.Б. 2021б. Население птиц Охотского моря и сопредельных вод Тихого океана и Японского моря в зимне-весенний период 2020 г. *Амурский зоологический журнал*. Т. 13. № 2. С. 245–256.
- Артюхин Ю.Б. 2022. Фауна и население морских птиц у побережья Южно-Камчатского природного парка в летний сезон. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 61. С. 16–39.
- Артюхин Ю.Б. 2023. Исследования по влиянию на состояние популяций морских птиц специализированного тралового промысла минтая в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне. *Тезисы докладов Второго Всероссийского орнитологического конгресса*. Москва: Товарищество научных изданий КМК. С. 9–10.
- Варкентин А.И., Сергеева Н.П. 2017. Промысел минтая (*Theragra chalcogramma*) в прикамчатских водах в 2003–2015 гг. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. 47. С. 5–45.
- Григорьев С.С. 2021. Распространение минтая (*Gadus chalcogrammus*) в северной части Тихого океана: результат воздействия экологических факторов в ранний период развития. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 55. С. 73–88.
- Зеленская Л.А. 2010. Морские птицы острова Старицков (Авачинский залив). *Биология и охрана птиц Камчатки*. Вып. 9. Москва: Изд-во Центра охраны дикой природы. С. 82–90.
- Коробов Д.В., Артюхин Ю.Б., Глущенко Ю.Н. 2021. Результаты наблюдений за белоспинным альбатросом *Phoebastria albatrus* в западном секторе Берингова моря. *Русский орнитологический журнал*. Т. 30. Экспресс-вып. 2070. С. 2287–2305.
- Лобков Е.Г. 2003. Осенняя миграция водных и околоводных птиц на мысе Лопатка. *Биология и охрана птиц Камчатки*. Вып. 5. Москва: Изд-во Центра охраны дикой природы. С. 27–54.
- Лобков Е.Г., Пилипенко Д.В. 2022. Современные представления об орнитологической географии Командорских островов. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 60. С. 63–83.
- Шунтов В.П. 1988. Численность и распределение морских птиц в восточной части Дальневосточной экономической зоны СССР в осенний период. 2. Птицы тихоокеанских вод Камчатки и Курильских островов. *Зоологический журнал*. Т. 67. Вып. 11. С. 1680–1688.
- Шунтов В.П. 1998. Птицы дальневосточных морей России. Т. 1. Владивосток: ТИНРО. 423 с.
- Шунтов В.П. 2016. Биология дальневосточных морей России. Т. 2. Владивосток: ТИНРО-центр. 604 с.
- Artukhin Yu.B. 2006. Distribution and abundance of seabirds over the Commander Islands area. *Биология и охрана птиц Камчатки*. Вып. 7. Москва: Изд-во Центра охраны дикой природы. С. 76–94.
- Brazil M. 2009. Field guide to the birds of East Asia: Eastern China, Taiwan, Korea, Japan and Eastern Russia. London: Christopher Helm. 528 p.
- Gibson D.D., Byrd V.G. 2007. Birds of the Aleutian Islands, Alaska. *Series in Ornithology*. № 1. Massachusetts: Nuttall Ornithological Club; Washington, D.C.: American Ornithologists Union. P. 1–367.
- Gould P.J., Forsell D.J. 1989. Techniques for shipboard surveys of marine birds. *Fish and Wildlife Technical Report*. № 25. Washington, D.C.: U.S. Fish and Wildlife Service. P. 1–22.
- Orben R.A., Adams J., Hester M. et al. 2021. Across borders: External factors and prior behaviour influence North Pacific albatross associations with fishing vessels. *Journal of Applied Ecology*. Vol. 58. P. 1272–1283.

- Orben R.A., O'Connor A.J., Suryan R.M. et al. 2018. Ontogenetic changes in at-sea distributions of immature short-tailed albatrosses *Phoebastria albatrus*. *Endangered Species Research*. Vol. 35. P. 23–37.
- Otsubo J., Higuchi H. 2022. Time-lapse camera photographs reveal arrival and breeding timing of short-tailed albatrosses *Phoebastria albatrus*. *Endangered Species Research*. Vol. 47. P. 49–59.
- Shaffer S.A., Tremblay Y., Weimerskirch H. et al. 2006. Migratory shearwaters integrate oceanic resources across the Pacific Ocean in an endless summer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 103. P. 12799–12802.
- ### REFERENCES
- Artukhin Yu.B. 2003. The distribution and abundance of seabirds during summer in coastal areas of South Kamchatka and the Kurile Islands. *Biologiya i okhrana ptits Kamchatki (The Biology and Conservation of the Birds of Kamchatka)*. Moscow: BCC Press Publ. Vol. 5. P. 13–26 (in Russian).
- Artukhin Yu.B. 2018. Near-vessel seabird aggregations in the winter trawl fishery of pollock in the Okhotsk Sea. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 193. P. 50–56 (in Russian).
- Artukhin Yu.B. 2019. Winter seabird populations in open waters of the Sea of Okhotsk. *Biologiya morya (Russian Journal of Marine Biology)*. Vol. 45. № 1. P. 8–16 (in Russian).
- Artukhin Yu.B. 2021a. Short-tailed albatross *Phoebastria albatrus* (Pallas, 1769). In: Red Data Book of the Russian Federation, vol. "Animals". 2nd ed. Moscow: FGBU "VNII Ekologiya". P. 522–524 (in Russian).
- Artukhin Yu.B. 2021b. Population of seabirds in the Sea of Okhotsk and adjacent waters of the Pacific Ocean and the Sea of Japan during the winter-spring period of 2020. *Amurskiy zoologicheskii zhurnal (Amurian Zoological Journal)*. Vol. 13. № 2. P. 245–256 (in Russian).
- Artukhin Yu.B. 2022. Fauna and population of marine birds near the South Kamchatka Nature Park coast in summer season. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 61. P. 16–39 (in Russian).
- Artukhin Yu.B. 2023. Studies on the impact on the seabird population state of the specialized pollock trawl fishery in the Far Eastern fisheries basin. *Abstracts of the Second All-Russian Ornithological Congress*. Moscow: KMK Press. Publ. P. 9–10 (in Russian).
- Varkentin A.I., Sergeeva N.P. 2017. Walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) fishery in the waters adjacent to Kamchatka Peninsula in 2003–2015. *Issledovaniya vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoy chasti Tikhogo okeana (The Research of water biological resources of Kamchatka and of the northwestern part of Pacific Ocean)*. Vol. 47. P. 5–45 (in Russian).
- Grigoryev S.S. Distribution of Alaska Pollock (*Gadus chalcogrammus*) in the northern Pacific Ocean: a result of influence of ecological factors during early development. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 55. P. 73–88 (in Russian).
- Zelenskaya L.A. 2010. Seabirds of the Starichkov Island (Avacha Gulf). *Biologiya i okhrana ptits Kamchatki (The Biology and Conservation of the Birds of Kamchatka)*. Moscow: BCC Press Publ. Vol. 9. P. 82–90 (in Russian).
- Korobov D.V., Artukhin Yu.B., Gluschenko Yu.N. 2021. Observations of the short-tailed albatross *Phoebastria albatrus* in the western sector of the Bering Sea. *Russkiy ornitologicheskii zhurnal (The Russian Journal of Ornithology)*. Vol. 30. Iss. 2070. P. 2287–2305 (in Russian).
- Lobkov E.G. 2003. Autumn migration of waterbirds and seabirds on Lopatka Cape. *Biologiya i okhrana ptits Kamchatki (The Biology and Conservation of the Birds of Kamchatka)*. Moscow: BCC Press Publ. Vol. 5. P. 27–54 (in Russian).
- Lobkov E.G., Pilipenko D.V. Modern concepts about ornithological geography of the Commander Islands. 2022. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 60. P. 63–83 (in Russian).
- Shuntov V.P. 1988. Abundance and distribution of seabirds in the eastern part of the USSR Far East economic zone in autumn. 2. Seabirds of the Pacific waters of the Kamchatka and Kuril Islands. *Zoologicheskii zhurnal (Russian Journal of Zoology)*. Vol. 67. № 11. P. 1680–1688 (in Russian).
- Shuntov V.P. 1998. Birds of the Far Eastern seas of Russia. Vol. 1. Vladivostok: TINRO. 423 p. (in Russian).
- Shuntov V.P. 2016. Biology of the Far Eastern seas of Russia. Vol. 2. Vladivostok: TINRO-tsentr. 604 p. (in Russian).
- Artukhin Yu.B. 2006. Distribution and abundance of seabirds over the Commander Islands area. *Biologiya i okhrana ptits Kamchatki (The Biology and Conservation of the Birds of Kamchatka)*. Moscow: BCC Press Publ. Vol. 7. P. 76–94.
- Brazil M. 2009. Field guide to the birds of East Asia: Eastern China, Taiwan, Korea, Japan and Eastern Russia. London: Christopher Helm. 528 p.
- Gibson D.D., Byrd V.G. 2007. Birds of the Aleutian Islands, Alaska. *Series in Ornithology*. № 1. Massachusetts: Nuttall Ornithological Club; Washington, D.C.: American Ornithologists Union. P. 1–367.

- Gould P.J., Forsell D.J. 1989. Techniques for shipboard surveys of marine birds. *Fish and Wildlife Technical Report*. № 25. Washington, D.C.: U.S. Fish and Wildlife Service. P. 1–22.
- Orben R.A., Adams J., Hester M. et al. 2021. Across borders: External factors and prior behaviour influence North Pacific albatross associations with fishing vessels. *Journal of Applied Ecology*. Vol. 58. P. 1272–1283.
- Orben R.A., O'Connor A.J., Suryan R.M. et al. 2018. Ontogenetic changes in at-sea distributions of immature short-tailed albatrosses *Phoebastria albatrus*. *Endangered Species Research*. Vol. 35. P. 23–37.
- Otsubo J., Higuchi H. 2022. Time-lapse camera photographs reveal arrival and breeding timing of short-tailed albatrosses *Phoebastria albatrus*. *Endangered Species Research*. Vol. 47. P. 49–59.
- Shaffer S.A., Tremblay Y., Weimerskirch H. et al. 2006. Migratory shearwaters integrate oceanic resources across the Pacific Ocean in an endless summer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 103. P. 12799–12802.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Артюхин Юрий Борисович – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 683024, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, руководитель лаборатории орнитологии; artukhin61@mail.ru. SPIN-код: 4796-9800; Author ID: 84820; Researcher ID: J-6175-2018; Scopus ID: 6506525621.

Artukhin Yuri Borisovich – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS; 683024, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Head of Laboratory of Ornithology; artukhin61@mail.ru. SPIN-код: 4796-9800; Author ID: 84820; Researcher ID: J-6175-2018; Scopus ID: 6506525621.

Статья поступила в редакцию 14.06.2023; одобрена после рецензирования 11.09.2023; статья принята к публикации 25.09.2023.

The article was submitted 14.06.2023; approved after reviewing 11.09.2023; accepted for publication 25.09.2023.

РЕВИЗИЯ ФАУНЫ ПТИЦ ДОЛИНЫ ГЕЙЗЕРОВ НА КАМЧАТКЕ: ВИДОВОЙ СОСТАВ, ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИИ

Лобков Е.Г.

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

Подведены итоги изучения птиц Долины гейзеров за последние 50 лет. По результатам новейшей инвентаризации авифауна насчитывает 91 вид (53 гнездящихся). Специфических для района видов нет. Находка и статус американского горного вьюрка (*Leucosticte tephrocotis*) требуют надежного обоснования. Высокие показатели видового разнообразия птиц на небольшой площади (31,5 км²) объясняется биотопическим разнообразием местности, благодаря геотермальной активности на границе лесной и субальпийской растительности. Средневзвешенный показатель плотности населения птиц 211,8 пар/км². Его облик – субальпийский с небольшой долей лесных видов. В Красные книги России и (или) Камчатки занесены 12 видов. Наиболее значимы регулярные зимовки горного дупеля (*Gallinago solitaria*), возможное размножение беркута (*Aquila chrysaetos*) и сапсана (*Falco peregrinus*), фоновый статус овсянки-ремеза (*Ocyris rusticus*). Селевой поток, прошедший по долине Гейзерной 7 июня 2007 г., оказал катастрофическое воздействие на природный облик центральной части Долины гейзеров. Обсуждаются варианты его последствий на птиц. Геотермальная активность определяет возможность зимовки ряда видов в суровых условиях субальпики, сдвиг сроков периодических явлений в жизни птиц, в том числе более раннее размножение, возможность гнездования на экстремально прогретом грунте, поведенческие особенности в процессе насиживания и другие особенности экологии птиц.

Ключевые слова: авифауна, Долина гейзеров, геотермальная активность, Камчатка, население птиц, сель, систематический список видов, экологические адаптации.

REVISION OF THE BIRD FAUNA FROM THE VALLEY OF GEYSERS IN KAMCHATKA: SPECIES COMPOSITION, ECOLOGICAL FEATURES

Lobkov E.G.

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

In this paper, the author presents revision of the investigations of birds from the Valley of Geysers in Kamchatka, which summarizes data obtained for the past 50 years. According to the latest revision, the avifauna of this region includes 91 species (53 nesting species). There are no region-specific species. The discovery and status of the Grey crowned Rosy finch (*Leucosticte tephrocotis*) requires a reliable verification. The high species diversity of birds in a small area (31.5 km²) may be explained by the biotope diversity in the area, which is associated with the geothermal activity at the border of forest and subalpine vegetation. The weighted average bird population density is 211.8 pairs/km². Its appearance is subalpine with a small proportion of forest species. Twelve (12) species are listed in the Red Data Books of Russia and (or) Kamchatka. The most significant findings are the regular wintering of the Solitary Snipe (*Gallinago solitaria*), the possible reproduction of the Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*) and Peregrine Falcon (*Falco peregrinus*),

the background status of the Rustic Bunting (*Ocyris rusticus*). The mudflow that passed through the Geysernaya Valley on June 7, 2007 had a catastrophic impact on the natural appearance of the central part of the Valley of Geysers. Variants of its effects on birds are discussed. Geothermal activity determines the possibility of wintering of a number of species in subalpine harsh conditions, a shift in the timing of periodic events in the life of birds, including earlier reproduction, the possibility of nesting on extremely warm ground, behavioral characteristics during incubation and other features of bird ecology.

Key words: avifauna, Valley of Geysers, geothermal activity, Kamchatka, bird population, mudflow, systematic species list, ecological adaptations.

ВВЕДЕНИЕ

На Камчатке немало природных объектов, которых можно квалифицировать в качестве выдающихся, принимая во внимание особенности их природного облика и биоразнообразия, а также редкие или даже уникальные природные процессы и явления, лежащие в основе функционирования экосистем. Научную значимость таких природных объектов трудно переоценить, но, кроме того, они играют важную роль в организации туристической деятельности. Часто маршруты и содержание туров «привязаны» именно к таким природным объектам (их нередко называют «топ-объекты»), поскольку интерес туристов к ним связан с их высокой природоохранной и научно-познавательной ценностью. Важно, чтобы информационное обеспечение туристов на таких объектах было основано на результатах современных научных исследований.

Среди выдающихся природных объектов Камчатки наибольший интерес, с нашей точки зрения, представляет Долина гейзеров, ставшая своеобразной эмблемой и «визитной карточкой» региона. При этом следует сознавать, что гейзеры – безусловно, замечательный, но не единственный компонент природного комплекса долины реки Гейзерной, и не только гейзеры определяют уникальность этого уголка Камчатки. Долина р. Гейзерной – своеобразная экологическая система, в которой взаимо-

связаны живые и неживые компоненты, своим своеобразным сочетанием создающие неповторимый и самобытный колорит местности и определяющие структуру и функциональные связи экосистемы [Лобков, 2002a]. Биологи рассматривают природный комплекс Долины гейзеров в качестве наглядной естественной модели характерных для Камчатки термальных биогеоценозов [Лобков, Лобкова, 2008]. Горячие участки поверхности и термальные источники чередуются со слабо отепленными и фоновыми (холодными) площадками, создавая мозаику и широкий спектр разнообразных биотопических сочетаний, отличающихся градиентами температуры и других физико-химических параметров среды. Складываются условия, удовлетворяющие экологическим требованиям разных живых организмов (рис. 1). Отсюда – феномен высокого биоразнообразия на небольшой по площади территории [Лобков, 2002a; Лобков, Лобкова, 2008].

Одним из важных компонентов природной экосистемы Долины гейзеров являются птицы. Они наглядно демонстрируют характер адаптаций живых организмов к специфическим, во многом экстремальным условиям обитания, сложившимся в долине р. Гейзерной под воздействием вулканогенных факторов. Понимание механизмов этих адаптаций расширяют наши представления о жизни «на пределе возможности» [Лобков, 2014]. Знания в этой

области лежат в рамках формирующегося научного направления, которое можно назвать экологической биовулканологией [Лобков, 2020]. Термин «биовулканология» был предложен Е.К. Мархниным [1980]. В этом – высокая научная (общебиологическая) значимость исследований биоразнообразия Долины гейзеров вообще и птиц в частности. Одновременно – это интригующая часть информационного обеспечения эколого-познавательного туризма на этом природном объекте.



Рис. 1. Ландшафтный облик Долины гейзеров в ее самой широкой центральной части в июле 2019 г. Фото Л.Е. Лобковой

Fig. 1. The landscape appearance of the Valley of geysers in its widest central part in July 2019 (Photograph: by L.E. Lobkova)

Статья подводит итог многолетнему (50 лет) орнитологическому изучению Долины гейзеров, акцентируя внимание на видовом разнообразии птиц, их численности и особенностях экологии, имея в виду векторы адаптации птиц к специфическим природным условиям геотермальных полей. Также статью можно рассматривать в качестве научных основ информационного обеспечения в организации познавательных экскурсий в Долину гейзеров. На этом примере мы моделируем опыт орнитологического освидетельствования выдающихся природных объектов Камчатки, ставших популярными среди туристов. На прошедшем на Камчатке 21–22 февраля 2023 г. Всероссийском туристическом фо-

руме в рамках Делового форума «Дальний Восток – Зима открытий» научно-популярный орнитологический туризм признан актуальным для региона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

«Долина гейзеров» – название условное, и относится оно лишь к небольшой (примерно 6 км) самой широкой нижней части долины р. Гейзерной, где и сосредоточены гейзеры. Вся долина реки – это постепенно углубляющийся каньон, начало которого лежит в истоках Гейзерной на южных склонах вулкана Кихпиньч, а конец – при ее слиянии с рекой Шумной.

Первый гейзер на Камчатке был обнаружен в устье реки, которая потом получит название Гейзерной, научным сотрудником Кроноцкого заповедника Т.И. Устиновой и старшим наблюдателем заповедника А.П. Крупениным в апреле 1941 г., а летом того же года впервые описана та часть долины р. Гейзерной, которую обычно и называют теперь «Долина гейзеров» [Устинова, 2002]. Первую информацию о птицах Гейзерной мы находим в монографии Ю.В. Аверина [1948], он упоминает о встречах в этом районе некоторых видов воробьеобразных на осенней миграции. В последующем краткими сообщениями к птицам Долины гейзеров обращались В.И. Марков [1962; 1963; 1965; 1970], А.М. Стенченко [1975, 1977а, 1977б, 1977в, 1980] и Д.С. Люлеева [Люлеева и др., 1991]. Первых двух из этих авторов интересовали, прежде всего, возможные аспекты влияния на птиц специфических условий обитания в вулканических районах, моделью которых они рассматривали Узон-Гейзерный район Кроноцкого заповедника.

Автор настоящей статьи начал изучать птиц Камчатки в сентябре 1971 г., и уже летом в 1972 г. провел первые авифауни-

стические исследования в долине Гейзерной. Наиболее интенсивные полевые работы проведены автором в период до 2001 г., когда почти ежегодно удавалось отработать в Долине от нескольких дней до полутора месяцев. В 1990-е годы многое было выполнено в рамках работы группы экологического мониторинга Долины гейзеров, необходимость которого стала очевидной с ростом экскурсионно-туристической нагрузки и строительством настильной экскурсионной тропы. Большой объем дополнительной информации о птицах почерпнули из дневников В.А. Николаенко, сотрудника Кроноцкого заповедника, отдавшего много сил охране и наблюдениям в Долине гейзеров. Результатом всех этих исследований стала коллективная монография «Растительный и животный мир Долины гейзеров» [2002], где помещена большая обзорная статья по птицам [Лобков, 2002б]. В ней отражены эколого-фаунистические исследования и специальные, в том числе экспериментальные, работы по изучению вулканогенных факторов в экологии птиц.

В последующем мы продолжали мониторинг населения птиц на модельной площади в границах настильной туристической тропы и особое внимание уделили оценке последствий оползня, что произошел в бассейне р. Гейзерной в 2007 г. [Лобков, 2007; Лобков, Лобкова, 2008; Лобков и др., 2009]. Чуть позже сотрудники Кроноцкого заповедника опубликовали дополнение к авифауне Долины гейзеров [Казанский, Никаноров, 2014], а вот сведения о птицах в хорошо иллюстрированном Атласе долины р. Гейзерной, к сожалению, оказались чрезвычайно краткими [Завадская и др., 2016].

Применявшиеся нами в Долине гейзеров методики маршрутных учетов и изучения экологических особенностей птиц

подробно описаны в соответствующих работах и являются традиционными и общепринятыми в орнитологических исследованиях, в том числе на Камчатке [Лобков, 1986; 2003].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Видовое разнообразие птиц

Первый обзорный список видов птиц Долины гейзеров [Лобков, 2002б] включал 82 вида (+ один вид под вопросом). По результатам нашей инвентаризации авифауна насчитывает 91 вид (табл. 1). Некоторые новые для этого района виды птиц из группы водных отмечены в годы, первые после оползня 2007 г., когда в долине реки существовало озеро Гейзерное [Лобков и др., 2009], другие отмечены по результатам дополнительных, более обстоятельных наблюдений в каньоне [Лобков и др., 2009; Казанский, Никаноров, 2014; собственные неопубликованные данные]. Названия видов и порядок их расположения в списке приняты по последнему из опубликованных списков птиц Российской Федерации [Коблик, Архипов, 2014], включая новейшие корректировки согласно их электронной версии (<https://zmmu.msu.ru/files/publications/fauna-ptic-stran-severnoi-evrazii.pdf>), в том числе таблицу со списком видов (<https://zmmu.msu.ru/nauka-v-muzee/publikazii/>).

Видовое разнообразие авифауны Долины гейзеров представительно для небольшой территории, какую занимает этот природный объект (31,5 км²). Здесь зарегистрировано 26,4% всего разнообразия видов птиц Камчатского края, известных на 1.06.2023 г. (по нашим оценкам 345 видов). Число размножающихся в Долине гейзеров видов птиц (53) составляет примерно аналогичную долю (25,7%) из всех гнездящихся в регионе (206).

Таблица 1. Систематический список видов птиц Долины гейзеров (Камчатка)

Table 1. Systematic list of registered bird species from the Valley of geysers (Kamchatka)

№ п/п	Название вида (русское, латинское)	Характер обитания	Категория обилия
	Отряд Курообразные Galliformes		
	Семейство Тетеревиные – Tetraonidae		
1	Белая куропатка <i>Lagopus lagopus</i> (Linnaeus, 1758)	Оседлый, регулярно гнездится	В разные годы обычный или малочисленный
2	Тундрная куропатка <i>Lagopus muta</i> (Montin, 1781)	Оседлый, регулярно гнездится	В разные годы обычный или малочисленный
	Отряд Гусеобразные Anseriformes		
	Семейство Утиные – Anatidae		
3	Лебедь-кликун <i>Cygnus cygnus</i> (Linnaeus, 1758)	Залетный, кочующий, транзитный мигрант	Малочисленный
4	Белолобый гусь <i>Anser albifrons</i> (Scopoli, 1769)	Транзитный мигрант	Редкий
5	Гуменник <i>Anser fabalis</i> (Latham, 1787)	Транзитный мигрант	Редкий
6	Связь <i>Anas penelope</i> Linnaeus, 1758	Гнездится, мигрирует	Малочисленный
7	Серая утка <i>Anas strepera</i> Linnaeus, 1758	Залетный	Редкий
8	Чирок-свистунок <i>Anas crecca</i> Linnaeus, 1758	Эпизодически зимует, гнездится, мигрирует,	Малочисленный
9	Кряква <i>Anas platyrhynchos</i> Linnaeus, 1758	Регулярно гнездится, мигрирует, зимует	Малочисленный
10	Шилохвость <i>Anas acuta</i> Linnaeus, 1758	Эпизодически гнездится, мигрирует	Малочисленный
11	Широконоска <i>Anas clypeata</i> Linnaeus, 1758	Залетный	Редкий
12	Морская чернеть <i>Aythya marila</i> (Linnaeus, 1761)	Залетный	Редкий
13	Каменушка <i>Histrionicus histrionicus</i> (Linnaeus, 1758)	Регулярно гнездится, летует, линяет	Малочисленный
14	Гоголь <i>Bucephala clangula</i> (Linnaeus, 1758)	Залетный	Редкий
15	Длинноносый крохаль <i>Mergus serrator</i> Linnaeus, 1758	Залетный	Редкий
	Отряд Поганкообразные Podicipediformes		
	Семейство Поганковые – Podicipedidae		
16	Красношейная поганка <i>Podiceps auritus</i> (Linnaeus, 1758)	Залетный	Редкий
	Отряд Ржанкообразные Charadriiformes		
	Семейство Ржанковые – Charadriidae		
17	Бурокрылая ржанка <i>Pluvialis fulva</i> (J.F. Gmelin, 1789)	Транзитный мигрант	Обычный
18	Монгольский зук <i>Charadrius mongolus</i> Pallas, 1776	Гнездится	Малочисленный
	Семейство Бекасовые – Scolopacidae		
19	Горный дупель <i>Gallinago solitaria</i> Hodgson, 1831	Зимует	Малочисленный
20	Бекас <i>Gallinago gallinago</i> (Linnaeus, 1758)	Гнездится	Малочисленный
21	Перевозчик <i>Actitis hypoleucos</i> (Linnaeus, 1758)	Гнездится, мигрирует	Малочисленный
22	Сибирский пепельный улит <i>Heteroscelus brevipes</i> (Vieillot, 1816)	Мигрирует	Обычный
23	Фифи <i>Tringa glareola</i> Linnaeus, 1758	Эпизодически гнездится	Малочисленный
	Семейство Чайковые – Laridae		
24	Сизая чайка <i>Larus canus</i> Linnaeus, 1758	Залетный	Редкий
25	Тихоокеанская чайка <i>Larus schistisagus</i> Stejneger, 1884	Залетный	Малочисленный
26	Озерная чайка <i>Larus ridibundus</i> Linnaeus, 1766	Залетный	Редкий
27	Речная крачка <i>Sterna hirundo</i> Linnaeus, 1758	Залетный, но в 2008 г. все лето держались на озере Гейзерном	Малочисленный, летом 2008 г. вид был обычным
	Отряд Кукушкообразные Cuculiformes		
	Семейство Кукушковые – Cuculidae		
28	Кукушка <i>Cuculus canorus</i> Linnaeus, 1758	Гнездится, мигрирует	Обычный
29	Глухая кукушка <i>Cuculus optatus</i> Gould, 1845	Гнездится, мигрирует	Обычный

Продолжение табл. 1

Continuation of the Table 1

№ п/п	Название вида (русское, латинское)	Характер обитания	Категория обилия
	Отряд Стрижеобразные Apodiformes		
	Семейство Стрижиные – Apodidae		
30	Белопоясный стриж <i>Apus pacificus</i> (Latham, 1801)	Гнездится, мигрирует	Малочисленный
	Отряд Гагарообразные Gaviiformes		
	Семейство Гагаровые – Gaviidae		
31	Краснозобая гагара <i>Gavia stellata</i> (Pontoppidan, 1763)	Залетный	Редкий
	Отряд Ястребообразные Accipitriformes		
	Семейство Ястребиные – Accipitridae		
32	Тетеревятник <i>Accipiter gentilis</i> (Linnaeus, 1758)	На кочевках в течение года, мигрирует, возможно, изредка гнездится	Малочисленный
33	Перепелятник <i>Accipiter nisus</i> (Linnaeus, 1758)	Мигрирует	Малочисленный
34	Беркут <i>Aquila chrysaetos</i> (Linnaeus, 1758)	На кочевках в течение года, мигрирует, ранее регулярно гнезился, возможность размножения в настоящее время требует подтверждения	Редкий
35	Белоплечий орлан <i>Haliaeetus pelagicus</i> (Pallas, 1811)	Залетный	Редкий
36	Зимняк <i>Buteo lagopus</i> (Pontoppidan, 1763)	Мигрирует, эпизодически гнездится	Малочисленный
	Отряд Совообразные Strigiformes		
	Семейство Совиные – Strigidae		
37	Ястребиная сова <i>Surnia ulula</i> (Linnaeus, 1758)	Залетный	Редкий
38	Мохноногий сыч <i>Aegolius funereus</i> (Linnaeus, 1758)	Залетный	Редкий
39	Болотная сова <i>Asio flammeus</i> (Pontoppidan, 1763)	Залетный	Редкий
40	Белая сова <i>Nyctea scandiaca</i> (Linnaeus, 1758)	Залетный	Редкий
	Отряд Дятлообразные Piciformes		
	Семейство Дятловые – Picidae		
41	Малый пестрый дятел <i>Dendrocopos minor</i> (Linnaeus, 1758)	На кочевках в негнездовое время, возможно, иногда гнездится	Малочисленный
42	Большой пестрый дятел <i>Dendrocopos major</i> (Linnaeus, 1758)	На кочевках в негнездовое время	Малочисленный
	Отряд Соколообразные Falconiformes		
	Семейство Соколиные Falconidae		
43	Дербник <i>Falco columbarius</i> Linnaeus, 1758	Мигрирует	Редкий или малочисленный
44	Чеглок <i>Falco subbuteo</i> Linnaeus, 1758	Эпизодически гнездится	Редкий
45	Кречет <i>Falco rusticolus</i> Linnaeus, 1758	Мигрирует, гнездится в окрестностях Долины гейзеров	Редкий
46	Сапсан <i>Falco peregrinus</i> Tunstall, 1771	Мигрирует, ранее гнезился регулярно, возможность размножения в настоящее время требует подтверждения	Редкий
	Отряд Воробьеобразные Passeriformes		
	Семейство Сорокопутовые – Laniidae		
47	Сибирский жулан <i>Lanius cristatus</i> Linnaeus, 1758	Эпизодически гнездится	Редкий
48	Серый сорокопуд <i>Lanius excubitor</i> Linnaeus, 1758	Залетный, мигрирует	Редкий

Продолжение табл. 1

Continuation of the Table 1

№ п/п	Название вида (русское, латинское)	Характер обитания	Категория обилия
	Семейство Врановые Corvidae		
49	Сорока <i>Pica pica</i> (Linnaeus, 1758)	Кочует в негнездовое время, гнездится	Редкий
50	Кедровка <i>Nucifraga caryocatactes</i> (Linnaeus, 1758)	На кочевках в негнездовое время, гнездится	Малочисленный
51	Восточная черная ворона <i>Corvus orientalis</i> Eversmann, 1841	На кочевках в негнездовое время, гнездится	Малочисленный
52	Ворон <i>Corvus corax</i> Linnaeus, 1758	На кочевках весь год, гнездится	Малочисленный
	Семейство Жаворонковые – Alaudidae		
53	Полевой жаворонок <i>Alauda arvensis</i> Linnaeus, 1758	Гнездится, мигрирует	Малочисленный
	Семейство Ласточковые – Hirundinidae		
54	Береговушка <i>Riparia riparia</i> (Linnaeus, 1758)	Мигрирует	Малочисленный, в некоторые годы обычный
	Семейство Сверчковые – Locustellidae		
55	Охотский сверчок <i>Locustella ochotensis</i> (Middendorff, 1853)	Гнездится, мигрирует	Многочисленный (фоновый вид)
56	Пятнистый сверчок <i>Locustella lanceolata</i> (Temminck, 1840)	Гнездится, мигрирует	Малочисленный
	Семейство Пеночковые – Phylloscopidae		
57	Буряя пеночка <i>Phylloscopus fuscatus</i> (Blyth, 1842)	Мигрирует	Малочисленный
58	Пеночка-таловка <i>Phylloscopus borealis</i> (Blasius, 1858)	Гнездится, мигрирует	Многочисленный, (фоновый вид)
	Семейство Ополовниковые – Aegithalidae		
59	Ополовник <i>Aegithalos caudatus</i> (Linnaeus, 1758)	Кочует в негнездовое время	Малочисленный
	Семейство Синицевые – Paridae		
60	Пухляк <i>Poecile montanus</i> (Conrad, 1827)	Гнездится, кочует	Малочисленный
61	Московка <i>Periparus ater</i> Linnaeus, 1758	Залетный	Редкий
62	Большая синица <i>Parus major</i> Linnaeus, 1758	Залетный	Редкий
	Семейство Поползневые – Sittidae		
63	Поползень <i>Sitta europaea</i> Linnaeus, 1758	Гнездится, кочует	Малочисленный
	Семейство Мухоловковые – Muscicapidae		
64	Восточная малая мухоловка <i>Ficedula albicilla</i> (Pallas, 1811)	Гнездится, мигрирует	Малочисленный
65	Варакушка <i>Cyanecula svecica</i> (Linnaeus, 1758)	Гнездится	Малочисленный
66	Соловей-красношейка (Pallas, 1776)	Гнездится, мигрирует	Многочисленный (фоновый вид)
67	Соловей-свистун <i>Larvivora sibilans</i> (Swinhoe, 1863)	Гнездится	Малочисленный
68	Синехвостка <i>Tarsiger cyanurus</i> (Pallas, 1773)	Гнездится	Малочисленный
	Семейство Дроздовые – Turdidae		
69	Оливковый дрозд <i>Turdus obscures</i> J.F. Gmelin, 1789	Гнездится, мигрирует	В разные сезоны обычный или малочисленный
70	Бурый дрозд <i>Turdus eunomus</i> Temminck, 1831	Гнездится, мигрирует	Обычный
	Семейство Воробьиные – Passeridae		
71	Полевой воробей <i>Passer montanus</i> (Linnaeus, 1758)	Залетный	Редкий
	Семейство Трясогузковые – Motacillidae		
72	Пятнистый конек <i>Anthus hodgsoni</i> Richmond, 1907	Гнездится, мигрирует	Обычный или многочисленный
73	Гольцовый конек <i>Anthus rubescens</i> (Tunstall, 1771)	Гнездится, мигрирует	Малочисленный

Окончание табл. 1

The end of the Table 1

№ п/п	Название вида (русское, латинское)	Характер обитания	Категория обилия
74	Берингийская желтая трясогузка <i>Motacilla tschutschensis</i> J.F. Gmelin, 1789	Гнездится, мигрирует	Обычный
75	Горная трясогузка <i>Motacilla cinerea</i> Tunstall, 1771	Гнездится, мигрирует	Малочисленный
76	Камчатская трясогузка <i>Motacilla lugens</i> Gloger, 1829	Гнездится, мигрирует	Обычный
Семейство Вьюрковые – Fringillidae			
77	Юрок <i>Fringilla montifringilla</i> Linnaeus, 1758	Гнездится, мигрирует	Малочисленный
78	Китайская зеленушка <i>Chloris sinica</i> (Linnaeus, 1766)	Гнездится, мигрирует	Обычный
79	Чечетка <i>Acanthis flammea</i> (Linnaeus, 1758)	Гнездится, мигрирует, на кочевках весь год	Обычный или многочисленный
80	Пепельная чечетка <i>Acanthis hornemanni</i> (Holboell, 1843)	Гнездится, мигрирует, на кочевках в негнездовое время	В разные годы может быть редким, обычным, многочисленным
81	Сибирский горный вьюрок <i>Leucosticte arctoa</i> (Pallas, 1811)	Гнездится, мигрирует, зимует	Малочисленный
82	Американский горный вьюрок <i>Leucosticte tephrocotis</i> (Swainson, 1832)	Предполагается гнездование, возможно, зимует	Малочисленный
83	Чечевица <i>Carpodacus erythrinus</i> (Pallas, 1770)	Гнездится, мигрирует	Многочисленный (фоновый вид)
84	Щур <i>Pinicola enucleator</i> (Linnaeus, 1758)	Гнездится, на кочевках в негнездовое время	Малочисленный
85	Снегирь <i>Pyrrhula pyrrhula</i> (Linnaeus, 1758)	На кочевках в негнездовое время	Малочисленный
86	Дубонос <i>Coccothraustes coccothraustes</i> (Linnaeus, 1758)	Залетный	Редкий
Семейство Овсянковые Emberizidae			
87	Дубровник <i>Ocyris aureolus</i> (Pallas, 1773)	Гнездится	Малочисленный
88	Овсянка-ремез <i>Ocyris rusticus</i> (Pallas, 1776)	Гнездится, мигрирует	Обычный или фоновый вид
89	Сизая овсянка <i>Ocyris variabilis</i> (Temminck, 1836)	Гнездится, мигрирует	Малочисленный
90	Лапландский подорожник <i>Calcarius lapponicus</i> (Linnaeus, 1758)	Залетает на кочевках и миграции, возможно, иногда гнездится	Редкий
91	Пуночка <i>Plectrophenax nivalis</i> (Linnaeus, 1758)	Гнездится, мигрирует, залетает зимой	На гнездовании малочисленный, на миграции обычный

* Под названием «Пеночка-таловка» надо понимать вид «Камчатская (островная) таловка» согласно трактовке систематического статуса этого вида, принятой в Полевом определителе птиц Камчатки и Командорских островов [Лобков и др., 2021].

* The name “Warbler-talovka” should be understood as the species “Kamchatskaya (island) talovka” according to the interpretation of the systematic status of this species adopted in the Field Guide of the Birds of Kamchatka and the Commander Islands [Lobkov et al., 2021].

Систематический облик зональной авифауны Долины гейзеров – в общем обычный для среднегорья Камчатки. Высокие показатели видового разнообразия птиц на небольшой территории объясняются разно-

образием условий их обитания (гнездовых, кормовых, защитных), которое складывается на границе лесной и субальпийской вертикальных растительных поясов в результате гидротермальной деятельности.

Необходим комментарий к статусу американского горного вьюрка. Находка этого вида в долине Гейзерной [Лобков, 2002б; 2018; Казанский, Никаноров, 2014], мнение о возможном его гнездовании, тем более информация о его обитании в других районах полуострова Камчатка [Казанский, 2017], на наш взгляд, требует более надежного обоснования [Лобков, 2018]. Ближайшее место, где регулярно размножается американский горный вьюрок – Командорские острова. Отечественные орнитологи, разрабатывавшие и корректирующие систематические списки видов птиц Северо-Восточной Азии и Российской Федерации [Степанян, 2003; Коблик и др., 2006; Коблик, Архипов, 2014], рассматривают командорскую популяцию этого вида в качестве эндемичного подвида *Leucosticte tephrocotis maxima* W.S. Brooks, 1915. Того же мнения камчатские коллеги [Артюхин и др. 2000; Лобков и др., 2021]. Но есть иные мнения [Dunn, Alberterfer, 2017; Sale, Micheesen, 2018 и другие], так что еще предстоит разобраться в родственных отношениях командорских вьюрков с вьюрками из других популяций этого и близких к нему видов [Лобков, 2018;

Лобков, Пилипенко, 2022], тем более предстоит понять – какое место в ряду родственных форм сибирских и американских горных вьюрков занимают птицы, живущие именно в Долине гейзеров. Тем самым на Камчатке еще предстоит произвести ревизию систематического статуса горных вьюрков. Можно сказать, что на сегодняшний день американский горный вьюрок в Долине гейзеров – это своеобразная (интригующая своей нерешенностью) орнитологическая загадка.

Облик зонального (субальпийского) орнитологического комплекса

Фоновый (зональный) биотопический облик Долины гейзеров – кустарниковая субальпика из ольхового (*Alnus fruticosa*) и кедрового (*Pinus pumila*) стлаников с субальпийскими лугами и с участием отдельных деревьев и куртин из каменной березы (*Betula ermanii*). В течение 1993–2008 гг. мы провели шесть маршрутных учетов в центральной, самой широкой части долины р. Гейзерной, что позволило охарактеризовать облик фонового ландшафтного орнитологического комплекса (табл. 2).

Таблица 2. Видовой состав и усредненные показатели плотности населения птиц (по взвешенной средней) в зональном субальпийском ландшафте центральной части Долины гейзеров

Table 2. Species composition and average indicators of bird population density (weighted average) in the zonal subalpine landscape of the central part of the Valley of geysers

Виды	Плотность населения птиц в пар/км ²			Доля участия (%) по средней взвешенной
	Минимум	Максимум	Средняя взвешенная (n = 6)	
Охотский сверчок	5	68,9	29,1	13,7
Чечевица	6	41,4	28,1	13,3
Пятнистый конек	1	46,4	27,0	12,7
Овсянка-ремез	3	55,2	24,5	11,6
Пеночка-таловка	8	40,0	24,2	11,4
Соловей-красношейка	3	28,6	17,9	8,5
Сизая овсянка	0	28,6	10,1	4,8
Чечетка	1	16,0	8,3	4,0
Китайская зеленушка	2	17,9	7,3	3,4
Глухая кукушка	0	6,9	3,8	1,8
Камчатская трясогузка	0	16,0	3,85	1,8

Окончание табл. 2

The end of the Table 2

Виды	Плотность населения птиц в пар/км ²			Доля участия (%) по средней взвешенной
	Минимум	Максимум	Средняя взвешенная ($n = 6$)	
Берингийская желтая трясогузка	0	6,9	3,8	1,8
Бурый дрозд	0	7,2	3,3	1,6
Горная трясогузка	0	8	2,75	1,3
Пятнистый сверчок	0	8	2,8	1,3
Кукушка	0	17,9	2,75	1,3
Соловей-свистун	0	10,7	2,7	1,3
Щур	0	5,7	2,2	1,0
Белая куропатка	0	5,7	1,6	0,8
Сорока	0	6,9	1,65	0,8
Сибирский горный вьюрок	0	4,4	1,6	0,8
Восточная малая мухоловка	0	3,6	0,5	0,2
Кедровка	0	3,6	0,5	0,2
Синехвостка	0	3,6	0,5	0,2
Оливковый дрозд	0	3,6	0,5	0,2
Юрок	0	3,6	0,5	0,2
<i>Итоговые показатели</i>	<i>34</i>	<i>297,1</i>	<i>211,8</i>	<i>100</i>

* Исследовано 6 маршрутов общей протяженностью 18,2 км; 1993–2008 гг. Полоса учета 50 + 50 м. Виды в таблице располагаются в порядке увеличения их долевого участия в населении птиц. Жирным шрифтом выделена фоновая группа видов с долей участия каждого от 10% и более.

* We investigated 6 routes with a total length of 18.2 km; time period – 1993–2008. Registration strip 50 + 50 m. In the Table, species are arranged in order of increasing their share in the birds' population. The background group of species is highlighted in bold with a ratio from 10% and above.

Таким образом, облик населения птиц фонового (зонального) природного комплекса в Долине гейзеров типичен для орнитологического населения субальпийского растительного пояса на полуострове Камчатка [см. Лобков, 1986]. Птицы, составляющие фоновую группу видов, доля численности которых в населении составляет от 10% и более, биотопически так или иначе связаны с мелколиственным лесом, кустарниками и чередующимися с ними лугами либо известны на Камчатке широким спектром биотопических предпочтений. Наличие в составе орнитологического населения настоящих лесных видов объясняется тем, что нижней части долины реки Гейзерной достигают фрагменты каменно-березовых лесов на верхнем пределе их произрастания. Лес фрагментирован, так что среди кустарниковых зарослей моза-

ично вкраплены отдельные деревья и березовые куртины. Чем больше лесные участки по площади, тем выше в них разнообразие и численности настоящих лесных видов птиц.

Максимальные и средневзвешенные показатели плотности размещения птиц по итогам шести маршрутных учетов иллюстрируют динамичность облика фоновой группы видов. В отдельные сезоны, кроме тех, что выделены в таблице 2, фоновыми могут также быть соловей-красношейка, сизая овсянка, чечетка. Или, наоборот, из состава фоновых могут выпадать охотский сверчок, овсянка-ремез. По сезонам меняется соотношение численности видов и соответственно иерархическая структура фоновой группы. При этом зональный облик видового разнообразия субальпийского орнитологического комплекса в Долине

гейзеров на протяжении десятилетий существенно не меняется. Все доминирующие в населении птиц Долины гейзеров виды являются многочисленными по всему полуострову Камчатка [Лобков, 1986].

Редкие и занесенные в Красные книги разного ранга виды птиц Долины гейзеров

В авифауне Долины гейзеров зарегистрировано 12 видов птиц, занесенных в Красные книги России и (или) Камчатки

(табл. 3). Заслуживают внимания регулярные зимовки горного дупеля (до 10 особей). Эти кулики зимуют на Камчатке по берегам незамерзающих водотоков. Они появляются на местах зимовки в октябре-ноябре и покидают их в апреле. Чаще всего держатся поодиночке либо небольшими группами недалеко один от другого. В долине Гейзерной сосредоточена наиболее крупная и компактная группировка птиц этого вида из известных на Камчатке.

Таблица 3. Редкие виды птиц из числа занесенных в Красные книги Камчатки и (или) России в составе авифауны Долины гейзеров

Table 3. Rare species of birds listed in the Red Data Books of Kamchatka and (or) Russia as part of the avifauna of the Valley of geysers

Виды птиц	Красная книга РФ [2021]	Красная книга Камчатки [2018]	Характер обитания и численность в долине реки Гейзерной
Лебедь-кликун		+	На кочевках отмечался неоднократно, самая большая стая состояла из 6 особей в 2008 г.
Красношейная поганка	+	+	Отмечено одиночка в 2008 г.
Горный дупель		+	Регулярно зимует до 10 особей
Камчатский тетеревятник	+	+	На кочевках и миграциях отдельными особями встречается весь год, возможно иногда гнездится
Беркут	+	+	На кочевках и миграции отдельными особями встречается весь год; до 1993 г. гнездилась одна пара. Возможность размножения в настоящее время требует подтверждения
Белоплечий орлан	+	+	На кочевках отмечался неоднократно поодиночке
Белая сова		+	Отмечена один раз в 1990 г.
Кречет	+	+	Неоднократно отмечался на пролете поодиночке, чаще осенью. Найден на гнездовании одной парой в верховьях р. Шумной вблизи Долины гейзеров.
Сапсан	+	+	Неоднократно отмечался на пролете, чаще осенью. До 1994 г. гнезвился регулярно. Возможность размножения в настоящее время требует подтверждения
Американский горный вьюрок		+	Идентификация этого вида и характер его возможного обитания в Долине гейзеров требуют надежного подтверждения
Дубровник	+	+	Отмечен на гнездовании в 2006 г. [Казанский, Никаноров, 2014]
Овсянка-ремез	+		Вполне обычный, а в центральной части Долины гейзеров – один из фоновых видов в период размножения

Долгое время (по крайней мере до 1994 г.) долина Гейзерной и ее ближайшие окрестности были известны в качестве мест размножения беркута, сапсана, миграции, а возможно и размножения кречета. С ростом фактора беспокойства, связанного с организацией регулярных вертолетных туристических экскурсий, эти редкие виды хищных птиц покинули Долину как место размножения. Кроме того, сокращение численности кречета, вероятно, связано с общим сокращением численности этого вида на Камчатке [Лобков и др., 2020]. Однако недавно всех этих птиц вновь наблюдали здесь летом, и есть основания предполагать, что отдельными парами они могут размножаться если не в самой Долине гейзеров, то в ее окрестностях [Казанский, Никаноров, 2014; собственные неопубликованные данные].

Особого комментария требует ситуация с овсянкой-ремезом. Ее численность в границах большей части ареала в Евразии, и России в том числе, за последние примерно 30 лет сократилась на 75–87% [Edenius et al., 2017], в связи с чем этот вид был внесен в Список редких и находящихся под угрозой исчезновения видов России [Ильяшенко и др., 2018] и в новое издание Красной книги Российской Федерации [2021].

На Камчатке многие годы овсянка-ремез была повсеместно одной из самых многочисленных лесных птиц [Лобков, 1977; 1986]. Сокращение ее численности за последние 20–30 лет произошло и здесь, но не в таком масштабе, как в других частях ареала [Герасимов, Лобков, 2019; Герасимов и др., 2020]. Более того, во многих районах полуострова Камчатка, в том числе на юге региона, этот вид вполне обычен до сих пор, местами достигает уровня доминантов и входит в фоновую группу видов, а в течение самых последних лет его численность местами даже возрастает [Ге-

расимов и др., 2020]. На этом основании овсянку-ремеза орнитологи не стали вносить в список редких птиц Камчатки, ее нет в Красной книге Камчатского края. Такое вот несоответствие: вид значится редким в масштабах всей страны, но на Камчатке таковым не является.

Ситуацию подтверждает обстановка с этим видом в Долине гейзеров. В большем или меньшем числе мы находили овсянку-ремеза всюду среди древесно-кустарниковой растительности, а в зональном субальпийском природном комплексе центральной части Долины этот вид, хотя и несколько сократился в численности за последние десятилетия, остается одним из фоновых.

Население птиц в условиях природной катастрофы в Долине гейзеров

Масштабы и характер природной катастрофы. Как известно [Пинегина и др., 2008; Дроздин и др., 2008 и др.], 3 июня 2007 г. произошел оползень отрога левого борта долины р. Гейзерной у высоты 791 м. За считанные минуты грязекаменная, глыбо-обломочная масса селевым потоком заполнила долину крупнейшего притока Гейзерной – ручья Водопадного – смесью воды, снега, глыб, разного размера обломков, содранных со склонов отложений, остатков кустов и деревьев. Мощность принесенного материала составила от 5 до 50 м. Скорость потока могла составлять от 5 до 12 м/с. Достигнув устья Водопадного, селевой поток сформировал каменнонабросную плотину, перегородившую долину р. Гейзерной. Одновременно в верховьях Водопадного произошли гравитационные обрушения и обвалы, завершившие образование плотины, заполнившей долину Гейзерной до ее устья. Длина плотины составила 300 м, ширина 200–250 м, высота около 50 м. В результате на р. Гейзерной

выше устья бывшего ручья Водопадного образовалось подпрудное озеро, получившее название Гейзерное. В дни максимального наполнения оно достигало в длину почти 2 км и глубиной около 30 м (рис. 2). С прорывом плотины 7 июня 2007 г. уровень озера быстро уменьшился, но потом стабилизировался и понижался медленно вплоть до полного исчезновения водоема через 13–14 лет. Важнейшая причина тому – обильный вынос водой взвеси, представленной мелкообломочным материа-

лом. Аллювиальные отложения заполнили дно и образовали острова и косы [Дрознин и др., 2008]. Этот процесс ускорился после еще одного оползня, прошедшего по долине Гейзерной 3 января 2014 г., который буквально заполнил озеро новой селевой массой. К лету 2021 г. об озере напоминала лишь разветвленная часть русла реки, а то, что было дном озера, превратилось в своеобразную плоскую глинисто-песчано-галечниковую поверхность с сетью водотоков и луж (рис. 3).



Рис. 2. Озеро Гейзерное в период наибольшего наполнения. Оно прибавило живописности природному облику и привлекло в Долины гейзеров новых водных и околоводных птиц. Июнь 2008 г. Фото Е.Г. Лобкова

Fig. 2. The lake Geysernoye in the period of greatest filling. It added picturesqueness to the natural appearance of the Valley of geysers and attracted new water birds. June 2008 (Photograph: by E.G. Lobkov)



Рис. 3. Аллювиальная равнина на месте бывшего озера Гейзерного с новым разветвленным руслом реки Гейзерной. Июнь 2021 г. Фото Л.Е. Лобковой

Fig. 3. Alluvial deposits on the site of the former Geysernoye Lake with a branched channel of the new Geysernaya River. June 2021 (Photograph: by L.E. Lobkova)

Последствия природной катастрофы: влияние на птиц. В результате природной катастрофы изменился природный облик центральной части Долины гейзеров, что оказало заметное влияние на состояние биоразнообразия [Лобков, Лобкова, 2008; Лобков и др., 2009]. По нашим подсчетам (Лобков, Лобкова, 2008) уничтожено и трансформировано порядка 2,2 км² площади традиционных местообитаний (рис. 4). Около 40% этой площади следует отнести на термальные местообитания, представляющие особую ценность с позиции сохранения биоразнообразия, поскольку в их границах обитали термофильные микроорганизмы, растения, животные, в том числе птицы, отличавшиеся специфическими экологическими адаптациями к вулканогенным факторам. Из 52 видов птиц, известных в качестве размножавшихся в Долине гейзеров в 2007 г., в большей или меньшей степени пострадали 20 видов (38,5%).

Негативное воздействие катастрофы. Негативное воздействие заключается в гибели гнезд под грязекаменной лавиной и под водой наполнявшегося озера, а также

в уничтожении и трансформации части традиционных мест обитания. Количество таких гнезд относительно невелико, но существенно для населения птиц центральной части Долины. К 3 июня в 2007 г. почти четверть всех видов птиц (23%), населяющих долину Гейзерной, еще не прилетели (все они перелетные), а из прибывших к размножению могли приступить порядка 12–13 видов (35–38% авифауны). С учетом средних показателей плотности их распределения на участках, перекрытых отложениями селевого потока, возможные потери среди них составляют порядка 50–60 гнезд [Лобков, Лобкова, 2008]. Пострадали, прежде всего, относительно рано размножающиеся трясогузки. В долине Водопадного и в низовье Гейзерной под селевыми отложениями могли оказаться 3–4 гнездовых участка камчатской трясогузки (15–20% всех пар, гнездящихся в Долине гейзеров) и 1–2 участка горной трясогузки. Их места обитания, приуроченные к берегам водотоков и к самой нижней части склонов долин, пострадали больше других.



Рис. 4. Заполненная селевой массой долина бывшего ручья Водопадного. Погребены многие термальные местообитания. Июнь 2008 г. Фото Е.Г. Лобкова

Fig. 4. The valley of the former Vodopadny stream filled with mudflow. Many thermal habitats have been buried. June 2008 (Photograph: by E.G. Lobkov)

Гнезда рано размножавшихся птиц погибали под водой по мере наполнения озера Гейзерного, длившегося более четырех суток. Погибли минимум 3–4 гнезда камчатских трясогузок, 2 гнезда горных трясогузок и одно гнездо желтой трясогузки. Кроме того, найдены залитые водой кладки каменушки, пятнистого конька, оказалась залитой щель в скалистом склоне, в котором, судя по всему, находилось гнездо сибирского горного вьюрка. Всего под водой погибло не менее 20 гнезд [Лобков, Лобкова, 2008].

Большинство уже прилетевших видов птиц в момент катастрофы еще не приступили к размножению, но отличались активным брачным поведением, формировали пары, самцы активно пели. Все они (а это 150–200 пар в границах селевых отложений) могли откочевать на соседние участки местности в подходящие для них биотопы, где приступили к размножению [Лобков, Лобкова, 2008]. К концу первых трех суток после катастрофы население птиц в прибрежной полосе озера Гейзерного сократилось на 19,5% за счет того, что не стало птиц, гнездившихся вдоль речных берегов и на прибрежных склонах. При этом на 15,5% увеличилось число охраняемых гнездовых участков птиц на модельной площади 0,7 км² в границах настильной тропы, расположенной выше по склонам и дальше от озера. Это могло произойти из-за откочевки птиц с уничтоженных и трансформированных мест – на безопасные участки с аналогичным биотопическим обликом. О возможности такого перераспределения птиц в центральной части Долины гейзеров свидетельствуют результаты маршрутных учетов птиц. Так, через две недели после катастрофы суммарная плотность распределения птиц в субальпийском биотопе, незатронутом селом, увеличилась по сравнению с анало-

гичными показателями прошлых лет на 14,2%, у разных видов на 16–35%, больше всего – у пятнистого конька [Лобков, Лобкова, 2008]. В 2008 г. показатели остались столь же высокими, но с тенденцией уменьшения на 4–5% [Лобков и др., 2009].

После природной катастрофы в течение июня в центральной части Долины гейзеров наблюдалось «смещение» сроков размножения у камчатских трясогузок: одновременно у разных пар можно было наблюдать спаривание, строительство гнезд, насиживание кладок и выкармливание птенцов. На Камчатке и в Долине гейзеров птицам свойственна некоторая растянутость сроков размножения [Лобков, 2002б; 2003], но не в такой степени, как это было в июне 2007 г. Это еще раз подтверждает предположение о том, что до 30–40% камчатских трясогузок, потерявших гнезда в центральной части Долины гейзеров из-за природной катастрофы, откочевали на соседние участки местности, где могли приступить к повторному размножению.

Примеры положительного влияния на птиц. Их можно видеть в том, что новые компоненты природного комплекса, появившиеся в результате природной катастрофы в ландшафтном облике центральной части Долины гейзеров, привлекли новые для авифауны этого района виды. Прежде всего, это относится к оз. Гейзерному. На протяжении ряда лет в озере активно протекали процессы формирования озерного биоценоза [Лобков, Лобкова, 2008; Лобков и др., 2009]. Весной и летом 2008 г. на озере впервые для Долины гейзеров были отмечены красношейная поганка, серая утка, широконоска, морская чернеть [Лобков и др., 2009; Казанский, Никаноров, 2014]. Пока существовало озеро, над Долиной гейзеров неоднократно стали замечать пролетные стаи лебедей-кликунов, гуменников и белолобых гусей, чего раньше

не было. На весенней миграции на озере отдыхали пролетные стаи уток десятками особей. Летом 2008 г. оз. Гейзерное стало местом постоянного пребывания речных крачек, которые активно носили брачным партнерам молодь лососевых рыб, вероятно, с р. Шумной. Камчатские трясогузки с первых дней образования озера успешно собирали на водной поверхности мелких двукрылых насекомых, а также тех насекомых, что покидали убежища, затапливаемые водой вдоль береговой кромки [Лобков, Лобкова, 2008]. Образующиеся песчаные островки и косы становились удобным местом питания перевозчиков, мигрирующих сибирских пепельных улитов, а зимой – горных дупелей.

Существует мнение [Казанский, Никаноров, 2014], что новые каменистые осыпи и обнажения с множеством полостей и трещин, появившиеся после оползня, расширили спектр обитания птиц, биотопически связанных с курумниками и незаросшими обрывами. В этой связи сообщалось о неоднократных наблюдениях на оползне в 2009–2015 гг. командорских горных вьюрков [Казанский, Никаноров, 2014; Казанский, 2017].

Признаки адаптации птиц к селевому потоку и начало восстановительных сукцессий. В течение первых месяцев после обвала птицы постепенно привыкали к парившим селевым отложениям. Одни использовали крупные глыбы и теплые озера для демонстрационного поведения (токовые полеты, удобные присады при патрулировании границ гнездовых участков) и сбора строительного материала для гнезд. Другие находили здесь доступные объекты питания, например, насекомых, собиравшихся в теплом воздухе над погребенными горячими источниками. Случаев размножения на селевом потоке в 2007 г. не было даже в той его части, где сохранились значительные островки растительности.

Второй сезон (2008 г.) после природной катастрофы можно назвать началом восстановительных сукцессий на селевом потоке. Количество видов птиц, способных находить на поверхности селевых отложений какие-либо удобства, увеличилось с 4 до 10 [Лобков и др., 2009]. Вдоль окраин селевого потока и возле теплых озер появились признаки восстановления растительности (рис. 5) и микропопуляций насекомых.



Рис. 5. Начальные этапы зарастания селевого потока вдоль его окраин на второй год после природной катастрофы (термальная площадка «Теремковая»). В подобных местах отмечены первые гнездящиеся пары камчатских и горных трясогузок. Июнь 2008 г. Фото Е.Г. Лобкова

Fig. 5. The initial stages of overgrowth of the mudflow along its outskirts in the second year after the natural disaster (thermal site “Teremkovaya”). In such places, the first nesting pairs of Black-backed and Grey Wagtails were noted. June 2008 ((Photograph: by E.G. Lobkov)

Зарегистрировано первое размножение птиц. Пионерными видами птиц на начальном этапе заселения ими селевого потока стали камчатская и горная трясогузки. Еще пять видов птиц (соловей-красношейка, пятнистый конек, овсянка-ремез, синехвостка и чечевица) гнездились в 2008 г. в границах самого крупного из сохранившихся островков лесной растительности в верхней части селевого потока. Численность была невысока: в границах селевых отложений мы насчитали всего 14 гнездовых участков [Лобков и др., 2009].

Особенности экологии птиц Долины гейзеров

Биотопические особенности Долины гейзеров. Важнейшей особенностью биотопического облика Долины гейзеров являются участки с активной гидротермальной деятельностью. Общая площадь таких участков по контуру изотермы 20°C на глубине 1 м по оценкам вулканологов составляет $1,3 \times 10^6$ м², а наибольшая концентрация прогретых площадок (так называемое Гейзерное поле) занимает $0,9 \times 10^6$ м² [Леонов и др., 1991]. Если в зональных субальпийских местообитаниях поверхность почвы летом прогревается до 15–20°C, а зимой промерзает до глубины 20–25 см, то на термальных площадках она составляет летом от 20–25°C до 50°C и более и не промерзает. В результате термальные участки зимой покрываются снегом не полностью и всего на 2–4 месяца в году. К тому же они нередко протаивают и весной очищаются от снега раньше, чем на окружающей местности. Соответственно, раньше начинается вегетация растений и активность термофильных насекомых (Растительный и животный мир Долины гейзеров, 2002). В результате для птиц в Долине гейзеров характерны некоторые особенности экологии.

Возможность зимовки в условиях субальпийки и сроки отдельных периодических явлений в жизни птиц. Теплые озера, водотоки и бесснежные участки возле термальных источников благоприятствуют зимовке птиц в горах в суровых условиях субальпийки. В Долине гейзеров 19 видов птиц (20,9% всей авифауны) регулярно зимуют и еще четыре вида (4,4%) регулярно залегают зимой. Для Камчатки – это высокий показатель зимнего видового разнообразия птиц для местности, лежащей на высоте 350–450 м над уровнем моря. Больших скоплений зимующих птиц в настоящее время нет, но прежде такие были: в 1970-х и в начале 1980-х годов в Долине гейзеров регулярно собирались зимой стаи сибирских горных вьюрков сотнями особей, до 600 особей суммарно [Лобков, 2002б]. Такие скопления прекратились с конца 1980-х годов, когда численность этого вида в зимние месяцы сократилась практически по всему югу Камчатки [Лобков, 2002б] и с тех пор не достигла прежних показателей.

Многие птицы, населяющие термальные площадки и их окрестности, отличаются более ранними сроками начала размножения на 5–8 дней. И в целом ритм размножения птиц в Долине гейзеров более ранний: пик яйцекладки здесь приходится на первую декаду июня, тогда как на Камчатке в целом – на его вторую декаду (рис. 6).

Куропаткам характерны более ранние сроки весенней линьки (около недели), а у тундряной куропатки, кроме того, наблюдаются и более поздние сроки осенней линьки. Для некоторых видов птиц в Долине гейзеров удается раньше, чем где-либо в юго-восточных районах полуострова Камчатка, отмечать весенний прилет. В сезоны с холодной и затяжной весной в долине р. Гейзерной птицы могут временно скапливаться на термальных площадках, поскольку их места обитания в суб-

альпике еще под снегом. В такие сезоны термальные площадки для некоторых видов могут быть своеобразными «станциями переживания» неблагоприятных условий. Это явление можно назвать эффектом «оазиса». Долина гейзеров весной действительно выглядит зеленым оазисом на фоне в основном заснеженной субальпики [Лобков, 2002б; Лобков, 2014].

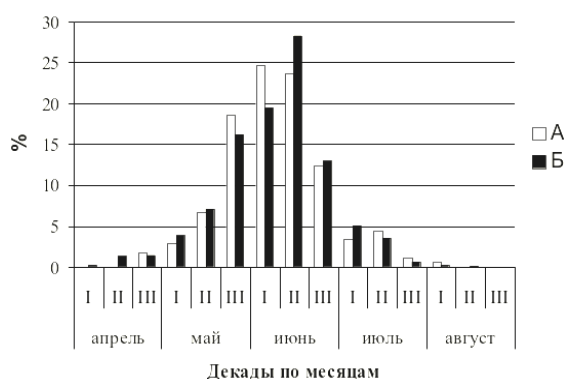


Рис. 6. Динамика яйцекладки у птиц в Долине гейзеров (А) и на полуострове Камчатка в целом (Б). По вертикальной оси – доля кладок (в %), появившихся в соответствующую декаду [По: Лобков, 2002б]

Fig. 6. Dynamics of egg-laying in birds in the Valley of Geysers (A) and on the Kamchatka Peninsula as a whole (B). On the vertical axis – the proportion of masonry (in %) that appeared in the corresponding decade [From: Lobkov, 2002b]

Температурные условия для гнездования и кратковременного пребывания птиц на термальных полях. На поверхности грунта, прогревом до 42–45°C и выше, растительности нет, либо она столь скудна, что птицы лишены возможности укрыть гнездо. Это – температурный предел гнездованию птиц в условиях термальных полей Камчатки. Предельные температуры поверхности грунта у основания гнезд у желтой и камчатской (белой) трясогузок составила 30–35°C, у горной трясогузки 37°C. Одно гнездо камчатской (белой) трясогузки было устроено среди натеков гей-

зерита, нагревавшегося при извержении гейзера до 40–45°C. Кратковременное пребывание птиц возможно при 38–51°C. На парящем грунте и в парящих источниках минимум 17 видов птиц способны ловить насекомых, собирать тех, что обожглись и отравились у грифонов, а также поедать имаго и личинок термофильных видов [Лобков, Лобкова, 2015].

Векторы экологических адаптаций птиц к условиям гнездования на термальных полях. В долине Гейзерной и в кальдере вулкана Узон были изучены условия гнездования на термальных полях 17 пар желтых, 12 пар камчатских (белых) и 2 пар горных трясогузок, а также 4 пар овсянок-ремезов и 1 пары монгольских зуйков. Выявлены и описаны [Лобков, 1999; 2014] следующие адаптации:

- в расположении и конструктивных особенностях гнезд; чем выше влажность и температура поверхности грунта под гнездом, тем менее глубокие лунки делают птицы или обходятся без лунок, сокращается количество утепляющего материала (в особенности шерсти и перьев), уменьшается число строительных компонентов, уменьшается масса гнезда, увеличивается его теплопроводность (кривые остывания – более крутые). Заметные изменения происходят на рубеже температур 19–20°C. В условиях экстремально высоких температур обнаружены гнезда не только упрощенной конструкции, но, наоборот, необычайно массивные, с низкой теплопроводностью. Возможно, с умеренным повышением температуры под гнездом птицы ориентируются на допуск тепла к содержимому гнезда, но при экстремальных показателях температуры адаптации направлены на изоляцию кладки и птенцов от чрезмерного нагрева;

- в инкубации и особенностях поведения насиживающих птиц; у всех птиц на

термальных полях, как и всюду в обычных условиях, насиживание занимает большую часть суточного бюджета времени взрослых особей. Им характерны все формы поведения, свойственные птицам в это время. Но на экстремально прогретых гнездах птицы непосредственно на насиживание тратят на 15–25% времени меньше, предоставляя на это время инкубацию яиц теплу земли. Птицы возвращаются к гнезду лишь для переворачивания яиц. Соответственно, у таких пар существенно отличается ритм насиживания, они чаще оставляют кладку открытой, перерывы в насиживании у них, как правило, более продолжительные, а отдельные акты насиживания кратковременны, количество слетов с гнезда выше, смена партнеров затягивается, комфортное поведение часто осуществляется в перерывах между насиживанием.

– сокращение длительности насиживания яиц и постэмбрионального развития птенцов. В экстремально прогретых гнездах желтых трясогузок ($n = 7$) длительность насиживания в среднем оказалась меньше на 11% (на 1,4 суток), а в гнездах камчатских (белых) трясогузок ($n = 6$) птенцы поднялись на крыло в среднем раньше на 2,2 суток (период постэмбрионального развития короче на 14%). Возможно, это не предел. Выборки экстремально нагретых гнезд невелики – их редко удастся найти. В любом случае разница в продолжительности насиживания и постэмбрионального развития птенцов на термальных полях определенно есть, но относительно невелика [Лобков, 2002б].

– увеличение плодовитости и успешность размножения птиц на термальных полях. На примере девяти видов птиц показано, что в среднем количество яиц в кладках у пар, гнездящихся вокруг термальных полей и вдоль термальных ключей на 10–15%

выше. В среднем примерно на столько же выше выживаемость выводков у белой куропатки в долине Гейзерной. Сохранность кладок и выводков вблизи термальных полей особенно очевидна в холодные сезоны [Лобков, 2002б].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Облик авифауны и зональное население птиц Долины гейзеров вполне типичны для среднегорья Камчатки на границе каменноберезового леса и кустарниковой субальпики. Но при этом орнитологический комплекс Долины в целом можно квалифицировать в качестве наглядной модели адаптации птиц к активной гидротермальной деятельности. Птицы демонстрируют разные векторы адаптации к условиям обитания на термальных площадках. Эти адаптации отражают феноменальную суть своеобразия орнитологического компонента природной экосистемы долины р. Гейзерной. В статье затронуты только некоторые из них, поскольку в их изучении сделаны лишь первые шаги.

Птицы, как и другие компоненты биоты Долины гейзеров, представляют собой один из примечательных, своеобразных и оригинальных компонентов биоразнообразия Камчатки. Более глубокое их изучение позволит лучше понять особенности их экологии, а также место и роль в биологических сообществах, формирующихся в условиях вулканогенных факторов. Понимание механизмов адаптаций к экстремальным условиям геотермальных полей на уровне организменном и популяционном, расширяет наши представления о фундаментальных основах существования и организации жизни на нашей планете, о жизни «на пределе возможного». Такого рода исследования имеют фундаментальное значение для биологии. В Долине

гейзеров заложены основы для дальнейших более обстоятельных исследований в этом направлении.

ЛИТЕРАТУРА

- Артюхин Ю.Б., Герасимов Ю.Н., Лобков Е.Г. 2000. Класс Aves – Птицы. *Каталог позвоночных животных Камчатки и сопредельных морских акваторий*. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 73–99.
- Аверин Ю.В. 1948. Наземные позвоночные Восточной Камчатки. *Труды Кроноцкого государственного заповедника*. Вып.1. М. 223 с.
- Герасимов Ю.Н., Бухалова М.В., Герасимов Н.Н. 2020. Овсянка-ремез, численность и ее динамика на полуострове Камчатка за последние 20 лет. *Материалы XXI международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*: Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 59–62.
- Герасимов Ю.Н., Лобков Е.Г. 2019. Многолетние тренды изменения численности воробьеобразных птиц Камчатки. *Вестник Тверского государственного университета. Серия «Биология и экология»*. № 1 (53). С. 54–59.
- Дроздин В.А., Двигаило В.Н., Муравьев Я.Д. 2008. Оползень 3 июня 2007 г. в Долине гейзеров на Камчатке. *Труды международной конференции (Пятигорск, Россия. 22–29 сентября 2008 г.)*. «Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита». Институт «Севкавгипроводхоз». С. 41–44.
- Завадская А.В., Яблоков В.М., Паничева Д.М. и др. 2016. Атлас долины реки Гейзерной в Кроноцком заповеднике. Москва: КРАСАНД. 88 с.
- Ильяшенко В.Ю., Шаталкин А.И., Куваев А.В. и др. 2018. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения животные России. Материалы к Красной книге Российской Федерации. Москва: Товарищество научных изданий КМК. 69 с.
- Казанский Ф.В. 2017. Встречи с новыми и необычными видами птиц в Кроноцком государственном природном биосферном заповеднике. *Материалы XVIII международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 311–314.
- Казанский Ф.В., Никаноров А.П. 2014. Дополнение к списку видов птиц Долины гейзеров (Кроноцкий заповедник). *Труды Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника*. Вып. 3. Воронеж: ООО «СТП». С. 65–76.
- Коблик Е.А., Редькин Я.А., Архипов В.Ю. 2006. Список птиц Российской Федерации. Москва: Товарищество научных изданий КМК. 256 с.
- Коблик Е.А., Архипов В.Ю. 2014. Фауна птиц стран Северной Евразии в границах бывшего СССР: списки видов. *Зоологический музей МГУ. Зоологические исследования*. № 14. Москва: Товарищество научных изданий КМК. 171 с.
- Красная книга Камчатского края. 2018. Том 1. Животные. Отв. ред. А.М. Токранов. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 196 с.
- Красная книга Российской Федерации 2021. Том Животные. 2-е издание. Москва: ФГБУ «ВНИИ Экология». 1128 с.
- Леонов В.Л., Гриб Е.Н., Карпов Г.А. и др. 1991. Кальдера Узон и Долина гейзеров. *Действующие вулканы Камчатки в 2 томах*. Т. 2. Москва: Наука. С. 94–141.
- Лобков Е.Г. 1977. Фоновые группы птиц лиственных лесов восточной Камчатки. *Биологические науки*. № 6. С. 53–58.
- Лобков Е.Г. 1986. Гнездящиеся птицы Камчатки. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 304 с.
- Лобков Е.Г. 2002а. От научного редактора. В кн. *Растительный и животный мир Долины гейзеров (под ред. Е.Г. Лобкова)*. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 4–7.
- Лобков Е.Г. 2002б. Фауна и население птиц. В кн.: *Растительный и животный мир Долины гейзеров (под ред. Е.Г. Лобкова)*. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 139–257.
- Лобков Е.Г. 2003. Птицы Камчатки (география, экология, стратегия охраны). Диссертация доктора наук в виде научного доклада. Москва: МПГУ. 60 с.
- Лобков Е.Г. 2007. Птицы и млекопитающие после оползня 3 июня 2007 г. и некоторые вопросы состояния биоразнообразия животных в Долине гейзеров (Восточная Камчатка). *Материалы VIII международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 325–332.
- Лобков Е.Г. 2014. Пионерные исследования в Кроноцком заповеднике по изучению экологии птиц на геотермальных полях. *Материалы XV международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 294–299.

- Лобков Е.Г. 2018. Американский горный вьюрок *Leucosticte tephrocotis* на полуострове Камчатка. *Материалы XIX международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 95–100.
- Лобков Е.Г. 2020. Орнитологические аспекты экологической биовулканологии. *Тезисы XV международной орнитологической конференции Северной Евразии*. «Орнитологические исследования в странах Северной Евразии». Минск: Белорусская наука. С. 274–275.
- Лобков Е.Г., Герасимов Ю.Н., Горovenko А.В. 2020. Кречет на Камчатке: состояние популяции, ее фенотипический облик и проблемы сохранения. *Материалы VIII Международной конференции рабочей группы по изучению хищных птиц Северной Евразии «Соколы Палеарктики: Распространение, состояние популяций, экология и охрана»*. Воронеж. С. 150–178.
- Лобков Е.Г., Герасимов Ю.Н., Мосалов А.А. и др. 2021. Птицы Камчатки и Командорских островов. Полевой определитель. Москва: Перо. 422 с.
- Лобков Е.Г., Лобкова Л.Е. 2008. Экологические последствия оползня, произошедшего в Долине гейзеров 3 июня 2007 г. (первый сезон после природной катастрофы). *Материалы VIII международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 114–140.
- Лобков Е.Г., Лобкова Л.Е. 2015. Биоценотические связи птиц с насекомыми в экстремальных условиях гидротермальных систем Камчатки. *XIV Международная орнитологическая конференция Северной Евразии*. I. Тезисы. Алматы. С. 305–306.
- Лобков Е.Г., Лобкова Л.Е., Мосолов В.И. 2009. Животные Долины гейзеров после оползня 3 июня 2007 г. Второй сезон после природной катастрофы: лето 2008 г. *Материалы IX международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 30–48.
- Лобков Е.Г., Пилипенко Д.В. 2022. Современные представления об орнитологической географии Командорских островов. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 60. С. 63–83.
- Люлеева Д.С., Мосолов В.И., Лобков Е.Г. и др. 1991. Белопопый стриж на Камчатке. *Материалы 10-й Всесоюзной орнитологической конференции*. Ч. 2. Стендовые сообщения. Кн. 2. Минск: Навука і техника. С. 48–49.
- Марков В.И. 1962. О значении активных термальных площадок в жизни наземных позвоночных. *Материалы IV экологической конференции «Вопросы экологии»*. Т. 6. (Киевский государственный университет им. Т.Г. Шевченко). Киев: Высшая школа. С. 97–98.
- Марков В.И. 1963. К вопросу о географической и локальной изменчивости плодovitости птиц. *Тезисы докладов III Всесоюзного совещания по зоогеографии суши*. «Зоогеография суши». Ташкент. С. 186–187.
- Марков В.И. 1965. Сдвиг сроков периодических явлений у птиц в районах активного вулканизма. В кн.: *Новости орнитологии*. Алма-Ата: Изд-во «Наука» Казахской ССР. С. 233–234.
- Марков В.И. 1970. К биологии белой куропатки, обитающей в восточной вулканической зоне Камчатки. *Тезисы докладов молодежной научной конференции ИЭМЭЖ им. А.Н. Северцова АН СССР*. С. 8–10.
- Мархинин Е.К. 1980. Вулканы и жизнь: (Проблемы биовулканологии). Москва: Мысль. 196 с.
- Пинегина Т.К., Делемень И.В., Дроздин В.А. и др. 2008. Камчатская Долина гейзеров после катастрофы 3 июня 2007 г. *Вестник ДВО РАН*. № 1 (137). С. 33–44.
- Растительный и животный мир Долины гейзеров. 2002. Под ред. Е.Г. Лобкова. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. 303 с.
- Стенченко А.М. 1975. Особенности пролета птиц в долине Гейзерной. *Материалы Всесоюзной конференции по миграциям птиц*. Ч. II. Москва: МГУ. С. 44–45.
- Стенченко А.М. 1977а. Птицы камчатских термоаномалий. *Тезисы докладов VII Всесоюзной орнитологической конференции*. Ч. 1. Киев: Наукова Думка. С. 326–327.
- Стенченко А.М. 1977б. Узон-Гейзерный термальный биоценоз Камчатки. *Вопросы географии Камчатки*. Вып. 7. Петропавловск-Камчатский. С. 59–60.
- Стенченко А.М. 1977в. Гибель кладок яиц холодным летом 1974 г. *Вопросы географии Камчатки*. Вып. 7. Петропавловск-Камчатский. С. 59.
- Стенченко А.М. 1980. Жизнь у вулканов. *Народный университет. Серия «Человек и природа»*. Вып. 6. Москва: Знание. С. 19–69.
- Степанян Л.С. 2003. Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области). Москва: ИКЦ «Академкнига». 808 с.
- Устинова Т.И. 2002. Т.И. Устинова об открытии Долины гейзеров. В кн.: *Растительный*

и животный мир Долины гейзеров (под ред. Е.Г. Лобкова). Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 8–10.

- Edenius L., Choi C., Heim E. et al. 2017. The next common and widespread bunting to go? Global population decline in the Rustic Bunting. *Emberiza rustica. Bird Conservation International*. Vol. 27. P. 35–44.
- Dunn J. L., Alderfer J. 2017. Field Guide to the Birds of North America. Seventh Edition. National Geographic. Washington D.C. 592 P.
- Sale R., Micheesen P. 2018. Wildlife of the Arctic. *Collins Traveler's Guide*. London. William Collins. 335 p.

REFERENCES

- Artukhin Y.B., Gerasimov Yu.N., Lobkov E.G. 2000. Class Aves – Birds. Catalog vertebrates of Kamchatka and adjacent Waters. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatsky Pechatniy Dvor Publ. P. 73–99 (in Russian).
- Averin Yu.V. 1948. Terrestrial vertebrates of Eastern Kamchatka. *Trudy Kronotskogo zapovednika (Proceedings of Kronotsky State Nature Reserve)*. Moscow. Vol. 1. 223 p. (in Russian).
- Gerasimov Yu.N., Bukhalova M.V., Gerasimov N.N. 2020. Rustic Bunting, the number and its dynamics on the Kamchatka Peninsula over the past 20 years. *Proceedings of the XXI International scientific conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 59–62 (in Russian).
- Gerasimov Yu.N., Lobkov E.G. 2019. Long-term trends in population change passerine birds of Kamchatka. *Vestnik Tverskogo gosudarstvenno universiteta. Seriya "Biologiya i jekologiya" (Bulletin of the Tver State University. Series "Biology and Ecology")*. № 1 (53). P. 54–59 (in Russian).
- Drosnin V.A., Dvigailo V.N., Muravyev Y.D. 2008. Landslide on June 3, 2007 in the Valley of Geysers in Kamchatka. *Proceedings of the International conference (Pyatigorsk, Russia, September 22–29, 2008) "Debris flows: catastrophes, risk, forecast, protection"*. Institute "Sevkav-giprovdokhoz". P. 41–44 (in Russian).
- Zavadsкая A.V., Yablokov V.M., Panicheva D.M. et al. 2016. Atlas the Valley of the Geysernaya River in the Kronotsky Reserve. Moscow: KRASAND Publ. 88 p. (in Russian).
- Ilyashenko V.Y., Shatalkin A.I., Kuvaev A.V. et al. 2018. Rare and endangered animals of Russia. Materials for the Red Book of the Russian Federation. Moscow: Partnership of scientific publications KMK Publ. 69 p. (in Russian).
- Kazansky F.V. 2017. Encounters with new and unusual bird species in Kronotsky State Nature Biosphere Reserve. *Proceedings of the XVIII International Scientific conference "Conservation of Biodiversity of Kamchatka and coastal waters"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 311–314 (in Russian).
- Kazansky F.V., Nikanorov A.P. 2014. Addition to the list of bird species of the Valley of geysers (Kronotsky Reserve). *Proceedings of the Kronotsky State Natural Biosphere Reserve*. Vol. 3. Voronezh: STP LLC Publ. P. 65–76 (in Russian).
- Koblik E.A., Redkin Y.A., Arkhipov V.Yu. 2006. List of birds of the Russian Federation. Moscow: KMK Association of Scientific Publications Publ. 256 p. (in Russian).
- Koblik E.A., Arkhipov V.Y. 2014. Bird fauna of the countries of Northern Eurasia within the Borders of the former USSR: lists of species. *Zoological Museum of Moscow State University. Zoologicheskie issledovania (Zoological research)*. № 14. Moscow: KMK Association of Scientific Publications Publ. 171 p. (in Russian).
- The Red Book of the Kamchatka Territory. 2018. Vol.1. Animals. Ed. by A.M. Tokranov. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. 196 p. (in Russian).
- Red Book of the Russian Federation 2021. Vol. Animals. Second edition. Moscow: FGBU "VNII Ecology" Publ. 1128 p. (in Russian).
- Leonov V.L., Grib E.N., Karpov G.A. et al. 1991. The Uzon Caldera and the Valley of Geysers. Active volcanoes of Kamchatka in 2 t. T. 2. Moscow: Nauka Publ. P. 94–141 (in Russian).
- Lobkov E.G. 1977. Background groups of birds of deciduous forests of eastern Kamchatka. *Biological Sciences*. № 6. P. 53–58 (in Russian).
- Lobkov E.G. 1986. Nesting birds of Kamchatka. Vladivostok: Far Eastern Division of the USSR's Academy of Sciences Publ. 304 p. (in Russian).
- Lobkov E.G. 2002a. From the scientific editor. In: Flora and fauna of Valley of Geysers (Ed. by E.G. Lobkov). Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatsky Pechatniy Dvor Publ. P. 4–7 (in Russian).
- Lobkov E.G. 2002b. Fauna and population of birds. In: Flora and fauna of Valley of Geysers (Ed. by E.G. Lobkov). Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatsky Pechatniy Dvor Publ. P. 139–257 (in Russian).
- Lobkov E.G. 2003. Birds of Kamchatka (geography, ecology, conservation strategy). Dissertation for Doctorate degree (in the form of scientific report). Moscow: MPGU. 60 p. (in Russian).
- Lobkov E.G. 2007. Birds and mammals after the June 3, 2007 landslide and some issues of the

- state of animal biodiversity in the Valley of geysers (east Kamchatka). *Proceedings of VIII International scientific conference "Conservation biodiversity of Kamchatka and coastal waters"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 325–332 (in Russian).
- Lobkov E.G. 2014. Pioneering research in the Kronotsky Reserve for the study of ecology of birds in geothermal fields. *Proceedings of XV International scientific conference "Conservation biodiversity of Kamchatka and coastal waters"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 294–299 (in Russian).
- Lobkov E.G. 2018. Grey-crowned Rosy Finch *Leucosticte tephrocotis* on the peninsula Kamchatka. *Proceedings of XIX International scientific conference "Conservation biodiversity of Kamchatka and coastal waters"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 95–100 (in Russian).
- Lobkov E.G. 2020. Ornithological aspects of ecological biovolcanology. *Proceedings of XV International ornithological conference of Northern Eurasia "Ornithological research in the countries of Northern Eurasia"*. Minsk: Belarusian science Publ. P. 274–275 (in Russian).
- Lobkov E.G., Gerasimov Yu.N., Gorovenko A.V. 2020. Gyrfalcon in Kamchatka: condition populations, phenotypic appearance and conservation problems. *Proceedings of VIII International conference of the Working Group on Birds of Prey from Northern Eurasia "Falcons of the Palearctic: distribution, population status, ecology and conservation"*. Voronezh. P. 150–178 (in Russian).
- Lobkov E.G., Gerasimov Yu.N., Mosalov A.A. et al. 2021. Birds of Kamchatka and Commander Islands. Field Guide. Moscow: Pero Publ. 422 p. (in Russian).
- Lobkov E.G., Lobkova L.E. 2008. Environmental consequences of a landslide that occurred in the Valley of Geysers on June 3, 2007 (first season after the natural disaster). *Proceedings of the VIII International Scientific Conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 114–140 (in Russian).
- Lobkov E.G., Lobkova L.E. 2015. Biocenotic relationships of birds with insects under extreme conditions of the hydrothermal systems of Kamchatka. *XIV International Ornithological Conference of Northern Eurasia*. I. Abstracts. Almaty. P. 305–306 (in Russian).
- Lobkov E.G., Lobkova L.E., Mosolov V.I. 2009. Animals of the Valley of Geysers after landslide on June 3, 2007 (the second season after the natural disaster: summer 2008). *Proceedings of IX International scientific conference "Conservation biodiversity of Kamchatka and coastal waters"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 30–48 (in Russian).
- Lobkov E.G., Pilipenko D.V. 2022. Modern ideas about the ornithological geography of the Commander Islands. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)* Vol. 60. P. 63–83 (in Russian).
- Lyuleeva D.S., Mosolov V.I., Lobkov E.G. et al. 1991. Pacific Swift in Kamchatka. *Proceedings of the 10 th All-Union Ornithological Conference (Vitebsk, Belorussia)*. Part 2. Poster presentations. Vol. 2. Minsk: News and Science Publ. P. 48–49 (in Russian).
- Markov V.I. 1962. On the importance of active thermal sites in the life of terrestrial vertebrates. *Proceedings of IV Ecological conference "Ecological issues"*. Vol. 6. (Taras Shevchenko Kyiv State University). Kyiv: Vysshaya shkola Publ. P. 97–98 (in Russian).
- Markov V.I. 1963. On the question of geographical and local variability of fertility Birds. *Proceedings of III All-Union Conference on zoogeography of land "Zoogeography of land"*. Tashkent. P. 186–187 (in Russian).
- Markov V.I. 1965. Shift in the timing of periodic phenomena in birds in areas of active Volcanism. In: *Ornithology News*. Alma-Ata: Science Publ. P. 233–234 (in Russian).
- Markov V.I. 1970. On the biology of the Willow Grouse living in the eastern volcanic zone of Kamchatka. *Proceedings of Scientific conference of the Institute of A.N. Severtsov Academy of Sciences of the USSR*. P. 8–10 (in Russian).
- Markhinin E.K. 1980. Volcanoes and life: (Problems of Biovolcanology). Moscow: Mysl Publ. 196 p. (in Russian).
- Pinegina T.K., Delemen I.V., Drosnin V.A. et al. 2008. Kamchatka's Valley of geysers after the disaster on June 3, 2007. *Vestnik DVO RAN (Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences)*. № 1 (137). P. 33–44 (in Russian).
- Flora and fauna of the Valley of geysers. 2002. Ed. E.G. Lobkov. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatsky Pechatniy Dvor Publ. 303 p. (in Russian).
- Stenchenko A.M. 1975. Features of the flight of birds in the Valley of geysers. *Proceedings All-Union Conference on Bird Migrations*. Part. II. M.: Moscow State University Publ. P. 44–45 (in Russian).
- Stenchenko A.M. 1977a. Birds from Kamchatka's thermal anomalies. *Proceeding of VII All-Union*

- Ornithological Conference. Part 1.* Kyiv: Naukova Dumka Publ. P. 326–327 (in Russian).
- Stenchenko A.M. 19776. Uzon-Geyser thermal biocoenosis of Kamchatka. *Voprosy geographii Kamchatki (Questions of geography of Kamchatka)*. Vol. 7. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 59–60 (in Russian).
- Stenchenko A.M. 1977в. Death of egg clutches in the cold summer of 1974. *Voprosy geographii Kamchatki (Questions of geography of Kamchatka)*. Vol. 7. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 59 (in Russian).
- Stenchenko A.M. 1980. Life near volcanoes. *Folk university. Series "Man and Nature"*. Vol. 6. Moscow: Znanie Publ. P. 19–69 (in Russian).
- Stepanyan L.S. 2003. Synopsis of the ornithological fauna of Russia and adjacent territories (within the borders of the USSR as a historical region). Moscow: Akademkniga Publ. 808 p. (in Russian).
- Ustinova T.I. 2002. T.I. Ustinova on the discovery of the Valley of Geysers. In: *Flora and fauna of the Valleys of geysers* (Ed. by E.G. Lobkov). Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatsky Pechatniy Dvor Publ. P. 8–10 (in Russian).
- Edenius L., Choi C., Heim E. et al. 2017. The next common and widespread bunting to go? Global population decline in the Rustic Bunting. *Emberiza rustica. Bird Conservation International*. Vol. 27. P. 35–44.
- Dunn J.L., Alderfer J. 2017. Field Guide to the Birds of North America. Seventh Edition. National Geographic. Washington D.C. 592 P.
- Sale R., Micheesen P. 2018. Wildlife of the Arctic. *Collins Traveler's Guide*. London. William Collins. 335 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Лобков Евгений Георгиевич – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук; профессор кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры; 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 Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair; lobkov48@mail.ru. SPIN-code: 2533-6452; Author ID: 396361; Scopus ID: 6506556409.

Статья поступила в редакцию 03.08.2023; одобрена после рецензирования 11.09.2023; статья принята к публикации 25.09.2023.

The article was submitted 03.08.2023; approved after reviewing 11.09.2023; accepted for publication 25.09.2023.

ПОЛОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ В СОДЕРЖАНИИ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ НЕРКИ ИЗ ВОСТОЧНЫХ ЗАЛИВОВ ПОЛУОСТРОВА КАМЧАТКА*

Литвиненко А.В.¹, Салимзянова К.Р.¹, Христофорова Н.К.^{1,2,3}, Данилин Д.Д.⁴, Цыганков В.Ю.²

¹ Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Коммунистический пр-кт, 33.

² Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10.

³ Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, ул. Радио, 7.

⁴ Камчатский филиал Тихоокеанского института географии РАН, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, 6.

Изучено содержание эссенциальных (Cu, Zn, Fe) и неэссенциальных (Cd, Pb, Ni) элементов, являющихся следовыми и тяжелыми металлами, в органах и тканях одного из самых популярных и предпочитаемых потребителями видов тихоокеанских лососей – нерки, входящей в тройку наиболее значимых объектов в промысле лососевых на Дальнем Востоке России, выловленной в водах двух заливов на востоке Камчатки – Авачинского и Камчатского. Акцент сделан на половых продуктах – икре и семенниках рыб. Концентрации элементов определены атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре Shimadzu AA-7000 на пламенном и беспламенном атомизаторах из минерализатов проб, полученных при их разложении концентрированной HNO₃ марки ОСЧ в микроволновом комплексе MARS 6, с использованием стандартных образцов с известными концентрациями. Статистическая обработка данных выполнена в программе MS Excel. Обнаружено, что концентрация меди в икре была в десятки раз выше, чем в семенниках, уровни содержания Zn в гонадах рыб отличались в два раза, различия в количестве Fe были менее выраженными. Закономерностей в распределении Cd, Ni и Pb в половых продуктах рыб не наблюдалось. Содержание микроэлементов, кроме Pb, как правило, преобладало в печени.

Ключевые слова: Восточная Камчатка, нерка, органы и ткани, тяжелые металлы, эссенциальные микроэлементы.

GENDER DIFFERENCES IN THE CONTENT OF TRACE ELEMENTS IN THE ORGANS AND TISSUE OF SOCKEYE SALMON FROM THE EASTERN GULFS OF KAMCHATKA PENINSULA

Litvinenko A.V.¹, Salimzyanova K.R.¹, Khristoforova N.K.^{1,2,3}, Danilin D.D.⁴, Tsygankov V.Yu.²

¹ Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Kommunisticheskiy Ave. 33.

² Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russky Island, Ajax Bay 10.

³ Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, Radio Str. 7.

⁴ Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Partizanskaya Str. 6.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (соглашение № 22-24-00465). (This work was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation (agreement № 22-24-00465)).

The content of essential (Cu, Zn, Fe) and non-essential (Cd, Pb, Ni) elements, which are trace and heavy metals, in the organs and tissues of one of the most popular and consumer-preferred species of Pacific salmon – sockeye salmon, one of the three most significant objects in the salmon fishery in the Far East of Russia, caught in the waters of two gulfs from the eastern Kamchatka – Avacha Gulf and Kamchatka Gulf. Emphasis is made on reproductive products – caviar and testes of fish. Element concentrations were determined by the atomic absorption method on a Shimadzu AA-7000 spectrophotometer on flame and flameless atomizers from sample mineralizates obtained by their decomposition with concentrated HNO₃ grade extra pure in a MARS 6 microwave complex, using standard samples with known concentrations. Statistical data processing was performed in MS Excel. It was found that the concentration of copper in eggs was 10 times higher than in the testes, the levels of Zn in the gonads of fish differed by a factor of 2, and the differences in the amount of Fe were less pronounced. No patterns were observed in the distribution of Cd, Ni, and Pb in the gametes of fish. The content of microelements, except for Pb, as a rule prevailed in the liver.

Key words: Eastern Kamchatka, sockeye salmon, organs and tissues, heavy metals, essential trace elements.

ВВЕДЕНИЕ

Нерка (*Oncorhynchus nerka* W.) – наиболее интересный для изучения вид тихоокеанских лососей. Длительное и неопределенное пребывание нерки в пресных и морских водах является особенностью экологии этого вида. В реках и озерах она задерживается от одного до двух-трех лет, затем нагуливается в морских водах от одного до четырех лет. Поскольку содержание тяжелых металлов в тканях и органах рыб зависит от мест нагула и путей миграции, понимание источников и причин формирования микроэлементного состава нерки является достаточно трудной задачей. Кроме того, нерка занимает третье место после горбуши и кеты по величине вылова в российских водах Пацифики, и помимо ее мышечной массы (филе), в пищевых целях широко используются гонады (соленая икра нерки является деликатесным продуктом, а молоки поступают в продажу как в виде мороженого сырья для приготовления кулинарных блюд, так и в виде консервов и пресервов) [Христофорова и др., 2015].

Основными местами морского нагула восточнокамчатской нерки, как полагает ряд авторитетных авторов, являются западная часть Берингова моря и Камчатско-Командорский район, откуда зимовать она уходит в центральную часть Берингова моря и при-

алеутские воды [Бугаев и др., 2007; Коновалов, 1980; Погодаев и др., 2008; Шунтов, Темных, 2008].

Накопление различных металлов в органах и тканях нерки, одного из шести видов рода *Oncorhynchus*, широко используемых в пищу, необходимо строго контролировать.

Целью данной работы является оценка различия в аккумуляции микроэлементов в гонадах самок и самцов нерки из заливов Восточной Камчатки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пробы гонад обоих полов производителей нерки от 21 особи из Авачинского залива и от 14 особей из Камчатского залива были собраны в прибрежных водах заливов Восточной Камчатки в июле 2021 г. В Камчатском заливе половозрелые особи нерки обоих полов были отобраны из уловов морских неводов южнее устья р. Камчатки; в Авачинском заливе 10 особей были взяты на участке любительского рыболовства в бух. Русской и 11 особей – в протоке, соединяющей р. Налычева и оз. Налычево, в рамках научного лова (рис. 1).

Длины AC, AD и общий вес рыб представлен в таблице 1. Все особи нерки находились на III–IV стадии зрелости половых продуктов.



Рис. 1. Места сбора проб нерки

Fig. 1. Sockeye salmon sampling sites

Стадо нерки р. Камчатки имеет сложную популяционную структуру. У половозрелой нерки р. Камчатки наиболее часто встречаются особи в возрасте 1.3 и 2.3; реже 0.3; 0.4; 1.4; 1.2 и 2.2 (первая цифра – продолжительность пресноводного периода жизни, вторая – морского). Другие возрастные группы встречаются значительно реже. Озеро Азабачье, по мнению В.Ф. Бугаева и соавторов [2007], – это колыбель молоди нерки р. Камчатки, где в отдельные годы нагуливается до 70% всей молоди нерки бассейна реки, которая проводит в этом водоеме в большинстве случаев не

менее 1 года. Возраст исследуемой нами рыбы из р. Камчатки составляет 1.3 (86%), что полностью подтверждает сведения В.Ф. Бугаева о возрастном составе половозрелой нерки бассейна этого водотока (табл. 1).

После проведения биологического анализа производителей нерки и отбора образцов органов и тканей пробы замораживали (-18°C) на базе Камчатского филиала Тихоокеанского института географии Российской академии наук.

Подготовку к анализу доставленных во Владивосток образцов проводили методом кислотного разложения с помощью микроволновой системы MARS 6 в особо чистой азотной кислоте (70%) согласно общепринятой методике. Минерализаты органов и тканей анализировали на содержание металлов на атомно-абсорбционном спектрофотометре Shimadzu AA-7000 на пламенном и беспламенном атомизаторах. Точность определения содержания элементов, а также возможное загрязнение образцов во время анализа контролировали путем сравнения с калибровочными растворами с известными концентрациями, в том числе с холостым (нулевым) раствором. Расчет результатов производился на сырую массу навески с использованием программы MS Excel. Концентрацию металлов выражали в мкг/г сырой массы как среднее значение $\pm$ стандартное отклонение.

Таблица 1. Морфометрические показатели и возраст нерки из заливов Восточной Камчатки (июль 2021)

Table 1. Morphometric parameters and age of sockeye salmon from the gulfs of Eastern Kamchatka (July 2021)

Место сбора проб	АС, см (min-max)	AD, см (min-max)	Вес общий, кг (min-max)	Возраст рыб
Авачинский залив, бухта Русская	46,5–57,5	44,0–54,0	1,200–2,330	1.2 (67%) 1.3 (22%) 2.2 (11%)
Протока оз. Налычево	47,0–64,0	44,5–56,0	1,270–2,940	1.2 (10%) 1.3 (60%) 2.2 (10%) 2.3 (20%)
Предустье р. Камчатки	55,0–62,9	47,0–57,6	1,650–3,130	0.4 (7%) 1.3 (86%) 2.3 (7%)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В представленной ниже таблице приведены данные о содержании эссенциальных и неэссенциальных микроэлементов в гонадах нерки, выловленной в водах заливов Восточной Камчатки в июле 2021 г. (табл. 2).

Для нерки из прибрежных вод Восточной Камчатки характерны свои особенности в микроэлементном составе, которые связаны с условиями роста молоди в пресноводный период жизни и местами морского нагула.

Железо, медь, цинк занимают первые места в минеральном составе рыб. Их биологическая роль огромна. Железо участвует в переносе кислорода и углекислого газа; помимо гемоглобина входит в состав многих других гемопротеинов, выполняющих широкий спектр функций. Присутствие железа в икре рыб в составе железосодержащих комплексов (цитохромов и железофлавопротеинов) необходимо на ранних стадиях онтогенеза для освобождения потенциальной энергии, заключенной в запасах питательных веществ желточного мешка. Цинк входит в состав фермента карбоангидразы, участвует в фосфорном и липидном обменах, усиливает активность гонадотропных ферментов [Морозов, Петухов, 1986]. Хотя Cu является важным эссенциальным элементом, она также является хорошо известным биоцидом для всего живого, когда концентрации воздействия превышают потребности в питательных веществах. Для водных растений и рыб только ртуть более токсична, чем медь. Токсичность Cu для пресноводных организмов сильно зависит от жесткости, pH и комплексообразующих агентов [Sciera et al., 2004; Zubcov et al., 2012].

Различия в накоплении металлов в тканях рыб обусловлены комплексом факто-

ров, определяющихся интенсивностью пластического и генеративного метаболизма рыб. Рыбы обладают регуляторным механизмом для усвоения эссенциальных элементов (Cu, Zn) [Rajkowska, Protasowicki, 2013]. После попадания в тело рыбы микроэлементы проходят процесс распределения между различными органами, это зависит от биологической потребности животных [Roach et al., 2008; Zubcov et al., 2010]. На гендерные различия в уровнях содержания металлов в тканях может влиять сочетание факторов, таких как диетические предпочтения, физиологический метаболизм по отношению к стадии репродуктивного цикла или пищевое поведение [Authman, Abbas, 2007]. Многие авторы отмечали гендерные различия в содержании различных микроэлементов в тканях рыб разного пола, относящихся к одной популяции [Alquezar et al., 2006; Al-Yousuf et al., 2000; Sandor et al., 2001].

Исследования некоторых авторов показывают, что в течение последних 15–30 дней до нереста концентрация микроэлементов в гонадах увеличивалась в 1,5–6 раз по Zn и в 3–11 раз по Cu по сравнению с другими фазами жизненного цикла. Перед нерестом в гонадах наблюдалось увеличение содержания и других биологически важных элементов (Co, Fe и Mn), а в печени и мышцах рыб, наоборот, уменьшалось [Sandor et al., 2001].

В своем исследовании мы обнаружили, что между половозрелыми особями нерки обоих полов проявляются существенные различия в содержании микроэлементов (рис. 2).

Концентрация Zn в яичниках нерки более чем в два раза выше, чем в семенниках: наибольшее значение этого эссенциального элемента отмечалось в яичниках самок из Авачинского залива, содержание Zn в них составило $(46,35 \pm 4,26)$ мкг/г сырой массы.

Таблица 2. Содержание микроэлементов в гонадах нерки из прибрежных вод Восточной Камчатки, мкг/г сырой массы

Table 2. The content of trace elements in sockeye salmon gonads from the coastal waters of Eastern Kamchatka, µg/g wet weight

Район вылова / средняя масса	Бух. Русская, Авачинский залив. Средняя масса ♀ (1 665 ± 541) г; ♂ (1 558 ± 262) г				Камчатский залив, южнее устья р. Камчатки. Средняя масса ♀ (2 380 ± 305) г; ♂ (1 910 ± 900) г				Протока, соединяющая оз. Налычево с р. Налычева. Средняя масса ♀ (2 037 ± 469) г; ♂ (2 950 ± 207) г			
	мышцы	печень	гонады		мышцы	печень	гонады		мышцы	печень	гонады	
Пол	<i>Цинк (Zn)</i>											
♀	5,55 ± 0,62	46,29 ± 6,37	46,35 ± 4,26		6,17 ± 2,05	40,98 ± 10,39	40,70 ± 11,03		9,33 ± 5,30	35,16 ± 4,10	32,55 ± 8,10	
♂	4,90 ± 0,41	48,98 ± 2,84	18,63 ± 1,35		6,28 ± 2,94	42,39 ± 6,72	20,89 ± 3,66		6,32 ± 2,21	35,38 ± 5,08	16,61 ± 4,15	
	<i>Медь (Cu)</i>											
♀	0,638 ± 0,14	189,22 ± 22,86	59,16 ± 6,27		1,076 ± 0,40	113,14 ± 28,52	60,84 ± 12,47		0,693 ± 0,29	240,23 ± 107,07	66,30 ± 17,42	
♂	0,585 ± 0,09	403,68 ± 11,58	0,91 ± 0,12		0,745 ± 0,22	324,63 ± 35,80	1,69 ± 0,77		0,848 ± 0,38	421,86 ± 56,77	0,91 ± 0,19	
	<i>Никель (Ni)</i>											
♀	0,44 ± 0,09	0,35 ± 0,21	0,61 ± 0,27		0,30 ± 0,14	0,33 ± 0,14	0,32 ± 0,15		0,20 ± 0,08	0,32 ± 0,17	0,26 ± 0,11	
♂	0,42 ± 0,11	0,46 ± 0,12	0,31 ± 0,18		0,31 ± 0,18	0,33 ± 0,06	0,28 ± 0,15		0,35 ± 0,04	0,48 ± 0,36	0,38 ± 0,07	
	<i>Кадмий (Cd)</i>											
♀	0,006 ± 0,002	0,843 ± 0,114	0,034 ± 0,020		0,008 ± 0,004	0,381 ± 0,255	0,010 ± 0,006		Не опред.	Не опред.	Не опред.	
♂	0,014 ± 0,009	1,784 ± 0,364	0,011 ± 0,005		0,035 ± 0,001	1,255 ± 0,636	0,014 ± 0,008		Не опред.	Не опред.	Не опред.	
	<i>Свинец (Pb)</i>											
♀	0,06 ± 0,04	0,24 ± 0,12	0,08 ± 0,04		0,17 ± 0,05	0,22 ± 0,09	0,21 ± 0,06		0,23 ± 0,04	0,27 ± 0,04	0,29 ± 0,08	
♂	0,17 ± 0,09	0,21 ± 0,05	0,34 ± 0,06		0,15 ± 0,09	0,17 ± 0,05	0,27 ± 0,09		0,24 ± 0,09	0,24 ± 0,04	0,29 ± 0,08	
	<i>Железо (Fe)</i>											
♀	8,47 ± 4,02	246,11 ± 58,43	33,63 ± 7,16		6,29 ± 4,60	167,41 ± 54,29	23,37 ± 6,42		4,89 ± 0,84	200,77 ± 103,74	21,54 ± 6,91	
♂	6,81 ± 0,68	258,65 ± 102,78	7,62 ± 3,22		8,4 ± 3,65	188,1 ± 59,27	25,34 ± 6,49		4,45 ± 0,62	236,85 ± 108,55	15,14 ± 5,80	

Примечание. «Не опред.» – не определяли; полужирным обозначены наибольшие значения концентраций элементов.

МДУ (мкг/г сырой массы) в морепродуктах: Pb – 1,0; Cd – 0,2 [11]; Cu – 0–100 [Burger, Gochfeld, 2005; Firat, Kargin, 2010; Nauen, 1983; Rajkowska, Protasowicki, 2013; Playle et al., 1992; Protasowicki, 1986].

Note. “Not defined” – not determined; Bold indicates the highest concentrations of elements.

Maximum permissible level (µg/g wet weight) in seafood: Pb – 1.0; Cd – 0.2 [11]; Cu – 0–100 [Burger, Gochfeld, 2005; Firat, Kargin, 2010; Nauen, 1983; Rajkowska, Protasowicki, 2013; Playle et al., 1992; Protasowicki, 1986].

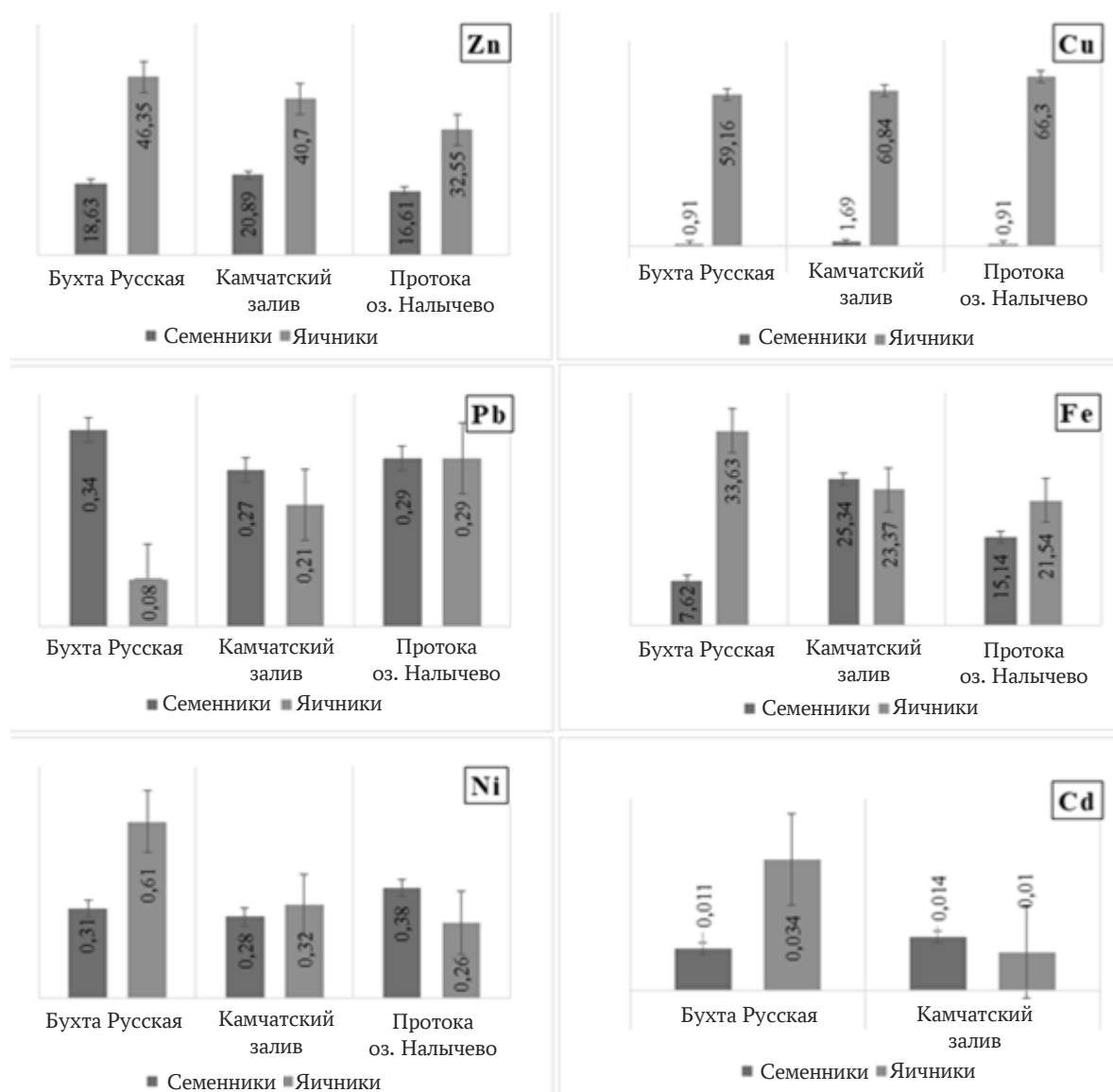


Рис. 2. Содержание микроэлементов (Zn, Cu, Pb, Fe, Ni, Cd) в гонадах самок и самцов нерки из вод Восточной Камчатки, мкг/г сырой массы

Fig. 2. The content of trace elements (Zn, Cu, Pb, Fe, Ni, Cd) in the gonads of female and male sockeye salmon from the waters of Eastern Kamchatka, $\mu\text{g/g}$ wet weight

Значительная разница отмечена в содержании Cu. Максимальное количество меди в яичниках самок, следующих на нерест из Авачинского залива в оз. Налычево, составляло $(66,30 \pm 17,42)$ мкг/г, что более чем в 70 раз превышало соответствующее значение у самцов из этой популяции. Значительно большее содержание Fe нами отмечено в яичниках нерки из Авачинского залива $(33,63 \pm 7,16)$ мкг/г, чем в семенниках производителей из того

же залива $(7,62 \pm 3,22)$, в половых продуктах самок и самцов из Камчатского залива содержание этого металла было примерно одинаковым. Из всех микроэлементов только количество свинца в больших концентрациях обнаружено в гонадах самцов, по сравнению с гонадами самок, особенно у нерки из Авачинского залива, и только у нерки из оз. Налычево количество Pb в гонадах самцов и самок было приблизительно одинаковым. В яичниках нерки

из бух. Русской Авачинского залива количество Ni и Cd в два раза выше, чем в семенниках самцов из того же залива, а в гонадах самцов из оз. Налычево концентрации никеля – наоборот, превышают соответствующие концентрации в гонадах самок.

Поскольку нерестовый ход нерки восточного побережья Камчатки может растягиваться с конца мая до середины августа [Бугаев и др., 2015; Бугаев, 1995; Запорожец, Запорожец, 2011; Погодаев и др., 2008], возможно, особи нерки, взятые для анализа, относились к популяциям, различавшихся сроками хода, а следовательно, и накоплением в половых продуктах эссенциальных элементов, в том числе Cu и Zn.

Более высокие концентрации меди, цинка и железа в гонадах нерки могут свидетельствовать о более интенсивной антропогенной и терригенной нагрузке на места длительного нахождения рыб [Литвиненко и др., 2021]. Наличие Fe свидетельствует о терригенном влиянии, оно может поступать в больших количествах в организм рыб в пресноводных водоемах. Cu, Zn, помимо природного происхождения, являются характерными компонентами бытовых стоков и попадают в водотоки в результате хозяйственной деятельности, отражая техногенное и антропогенное воздействие на биотопы [Литвиненко, Христофорова, 2020; Христофорова и др., 2018; Христофорова и др., 2022]. Кроме того, многие исследователи отмечают вулканогенное влияние на окружающую среду. По их данным, содержание валовой меди в почвах юго-востока полуострова колеблется от 13 до 100 мг/кг и составляет в среднем 33 мг/кг, что почти в 1,5 раза превышает кларковое значение (20 мг/кг) [Захарихина, Литвиненко, 2011; Хрусталева и др., 2020].

Включая в пул контролируемых микроэлементов Ni и Cd, мы рассматривали их как свидетелей техногенного влияния на

окружающую среду. Источником их поступления в водные системы является сжигание жидкого топлива, используемого на водном транспорте. Правда, основным индикатором здесь является никель, кадмий – лишь сопутствует ему.

Бухта Русская, расположенная на юго-западе Авачинского залива, представляет собой выдающийся природный феномен. Узкая, глубоко вдающаяся в берег, она служит укрытием для судов от волнения и непогоды. Кроме того, на высоте 600 м, вне связи с р. Русской, впадающей в вершину бухты, имеется резервуар чистой пресной воды, которой заправляются суда, уходящие в плавание.

Таким образом, никелевое загрязнение могло сказаться на рыбах, вырастающих в речной системе р. Русской за счет атмосферного переноса выхлопа сжигаемого топлива и судовых льяльных вод. На лососей, обитателей самого поверхностного слоя морских вод, идущих на нерест из Берингова моря вдоль судоходного побережья Камчатки, никелевое загрязнение могло сказаться во всех местах отбора. Вторым аргументом в пользу включения никеля в контролируемый набор металлов была автострада, идущая вдоль р. Камчатки (судоходной в нескольких местах), от Петропавловска-Камчатского до самого устья реки – Усть-Камчатска, что также могло отразиться на речной системе и местах нагула молоди нерки в пресноводный период жизни.

Как можно видеть, среди всего набора данных по концентрации Ni в органах и тканях нерки значимо ($p = 0,032$) выделяется только его количество в мышцах рыб, как самок, так и самцов, пришедших в бух. Русскую, что говорит в пользу нашей рабочей гипотезы. Отмечаемое также повышенное содержание металла в печени самцов и гонадах самок из бух. Русской согласуется с давними наблюдениями

А.И. Войнара [1960], указывавшего на накопление никеля в печени животных, и нашими данными о максимальной концентрации этого элемента в печени белого гребешка по сравнению с мускулом моллюска, а также о большем его количестве в яичниках, чем в семенниках [Христофорова, Чернова, 1989]. Правда, здесь есть еще один важный момент, влияющий на величину концентрации Ni в тканях в целом, – масса выловленных рыб. Из всего количества собранных в трех местах особей нерки здесь, на крайнем юго-западе Авачинского залива, как самки, так и самцы имели наименьший вес, т. е. в них наблюдалось наименьшее «разбавление» аккумулированного металла за счет выращенной массы. Возраст нерки из бух. Русской также был наименьшим среди всех исследуемых рыб. Большинство особей из нее (67%) вернулись на нерест в возрасте 1.2 (табл. 1).

Кадмий по его содержанию в мышечной ткани рыб можно было бы считать самым минорным элементом. Но он аккумулируется всеми животными организмами, и рыбами в том числе, в печени, что широко известно, и здесь, как следует из данных таблицы, его количество превышает МДУ в 4–9 раз. Cd обладает высоким сродством к сульфгидрильным группам белков, которыми богаты почечная и печеночная ткани животных, и прочность связывания его тионеинами способствует накоплению этого металла организмами [Ноздрюхина, 1977]. На уровне тенденции просматривается более высокая концентрация Cd в печени самцов, чем самок. Как и никель, он обнаружен в больших количествах в гонадах самок, чем самцов, в нерке из бух. Русской.

Что касается Pb, также индикатора техногенного загрязнения и кумулятивного токсиканта, в большей степени накапливающегося в моллюсках, чем в рыбе,

и также преимущественно в печени и почках, то на фоне его практически равномерного распределения в органах и тканях рыб из разных мест достоверно выделяется более высокое количество этого элемента в гонадах самцов, по сравнению с гонадами самок, в нерке из бух. Русской. Попадая в океан в результате атмосферного старения свинцовых поверхностей и разрушения лакокрасочных покрытий, находясь в воде преимущественно во взвешенной форме, он поступает в организм рыб с пищей и взвесью и удерживается, как и в организме животных, в основном в скелетных тканях [Герлах, 1985; Рейли, 1985; Христофорова и др., 1993; и др.]. Здесь нам важно отметить, что во всех случаях (как в местах сбора рыб, так и в их органах и тканях) концентрации этого элемента были много ниже допустимого для морепродуктов уровня.

Концентрации микроэлементов, зафиксированные в исследованной рыбе, находятся на допустимых уровнях ФАО для человека.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На микроэлементный состав камчатских лососей оказывают влияние терригенные, вулканогенные и антропогенные факторы. Самое заметное отражение эти факторы нашли в содержании всех контролируемых металлов в тех или иных органах и тканях рыб из бух. Русской. Однако наиболее яркими оказались различия в содержании меди и цинка в гонадах самок и самцов. При этом различие в концентрациях меди в яичниках, по сравнению с семенниками, достигало нескольких десятков раз. Но если Cu в гонадах самцов присутствовала почти на «следовом» уровне, то концентрация Zn в семенниках была лишь в половину ниже концентрации Cu.

Резкое преобладание количества меди и цинка в гонадах рыб связано с определенной фазой жизненного цикла и накоплением эссенциальных элементов в преднерестовый период.

Концентрации тяжелых металлов (Pb и Cd) в половых продуктах нерки из восточных заливов Камчатки соответствуют ДУ, установленным российским стандартом [СанПиН 2.3.2.1078-01, 2002]. Концентрации эссенциальных элементов – Cu и Zn, накопленных в гонадах исследованной рыбы, находятся на допустимых для человека уровнях, установленных ФАО.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят д.б.н. А.В. Бугаева и ведущего специалиста КамчатНИРО С.В. Шубкина за определение возраста рыб.

ЛИТЕРАТУРА

- Бугаев А.В., Растягаева Н.А., Ромаденкова Н.Н. и др. 2015. Результаты многолетнего биологического мониторинга тихоокеанских лососей рыболовных заводов Камчатского края. *Известия ТИНРО*. Т. 180. С. 273–309.
- Бугаев В.Ф. 1995. Азиатская нерка. Москва: Колос. 464 с.
- Бугаев В.Ф., Вронский Б.Б., Заварина Л.О. и др. Рыбы реки Камчатка. Под ред. д.б.н. В.Ф. Бугаева. Петропавлоск-Камчатский: КамчатНИРО, 2007. 459 с.
- Войнар А.И. 1960. Биологическая роль элементов в организме животных и человека. Москва: Высшая школа. 543 с.
- Герлах С. 1985. Загрязнение морей: диагноз и терапия. Москва: Мир. 200 с.
- Захарихина Л.В., Литвиненко Ю.С. 2011. Генетические и геохимические особенности почв Камчатки. *Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН*. Москва: Наука. 45 с.
- Запорожец Г.В., Запорожец О.М. 2011. Динамика запасов тихоокеанских лососей в бассейнах рек Авачинского залива (Восточная Камчатка) в конце XX – начале XXI века. *Известия ТИНРО*. Т. 166. С. 3–37.
- Коновалов С.М. 1980. Популяционная биология тихоокеанских лососей. Ленинград: Наука. 237 с.
- Литвиненко А.В., Христофорова Н.К. 2020. Отражение геохимических условий среды на микроэлементном составе тихоокеанских лососей. *Сборник VIII Международной научной конференции «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов»*. Калининград. С. 139–147.
- Литвиненко А.В., Христофорова Н.К., Цыганков В.Ю. и др. 2021. Микроэлементный состав западносахалинской кеты. *Сборник международной научной конференции, посвященной 150-летию Севастопольской биол. Станции – Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий» «Изучение водных и наземных экосистем: история и современность»*. Севастополь. С. 403.
- Морозов Н.П., Петухов С.А. 1986. Микроэлементы в промысловой ихтиофауне Мирового океана. Москва: Агропромиздат. 160 с.
- Ноздрюхина Л.Р. 1977. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. Москва: Наука. 183 с.
- Погодаев Е.Г., Антонов Н.П., Логачев А.Р. и др. 2008. Состояние запасов тихоокеанских лососей и меры по их эксплуатации в бассейнах рек и прилегающей морской акватории Авачинской губы. *Вопросы рыболовства*. Т. 9. № 3 (35). С. 625–643.
- Рейли К. 1985. Металлические загрязнения пищевых продуктов. Москва: Агропромиздат. 184 с.
- СанПиН 2.3.2.1078-01. 2002. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Москва: Госкомсанэпиднадзор РФ. 156 с.
- Христофорова Н.К., Данилин Д.Д., Литвиненко А.В. и др. 2022. Анадромная нерка восточной Камчатки: содержание микроэлементов в органах и тканях. *Роль стационарных наблюдений в современных географических исследованиях*. Владивосток: ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН. С. 162.
- Христофорова Н.К., Емельянов А.А., Ефимов А.В. 2018. Биоиндикация загрязнения прибрежно-морских морских вод о. Русского (залив Петра Великого, Японское море) тяжелыми металлами. *Известия ТИНРО*. Т. 192. С. 157–166.
- Христофорова Н.К., Цыганков В.Ю., Боярова М.Д. и др. 2015. Содержание микроэлементов в тихоокеанских и атлантических лососях. *Океанология*. Т. 55. № 5. С. 751–758.
- Христофорова Н.К., Чернова Е.Н. 1989. Микроэлементный состав гигантской устрицы из залива Посьета Японского моря. *Биология моря*. №5. С. 54–60.

- Христофорова Н.К., Шулькин В.М., Кавун В.Я., Чернова Е.Н. 1993. Тяжелые металлы в промысловых и культивируемых моллюсках залива Петра Великого. Владивосток: Дальнаука. 296 с.
- Хрусталева А.М., Углова Т.Ю., Ксенофонтова А.А. и др. 2020. Содержание макро- и микроэлементов в тканях нерки из водоемов полуострова Камчатка. *Труды ВНИРО*. Т. 179. С. 23–36.
- Шунтов В.П., Темных О.С. 2008. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах. Монография. Владивосток: ТИНРО-центр. Т. 1. 481 с.
- Al-Yousuf M.H., El-Shahawi M.S., Al-Ghais S.M. 2000. Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish in relation to body length and sex. *Science of the Total Environment*. Vol. 256 (2–3). P. 87–97.
- Alquezar R., Markich S.J., Booth, D.J. 2006. Metal accumulation in a common estuarine fish, *Tetractenos glaber* in the Sydney region Australia. *Environmental Pollution*. Vol. 142. P. 123–131.
- Authman M.N., Abbas H.H. 2007. Accumulation and distribution of copper and zinc in both water and some vital tissues of two fish species (*Tilapia zillii* and *Mugil cephalus*) of Lake Qarun, Fayoum Province, Egypt. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. Vol. 10. P. 2106–2122.
- Burger J., Gochfeld M. 2005. Heavy metals in commercial fish in New Jersey. *Environmental Research*. Vol. 99. P. 403–412.
- Firat O., Kargin F. 2010. Response of *Cyprinus carpio* to copper exposure: alterations in reduced glutathione, catalase and proteins electrophoretic patterns. *Fish Physiology and Biochemistry*. Vol. 36. P. 1021–1028.
- Nauen C.E. 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products, United Nations Food and Agriculture Organization. FAO Fishery Circular № 764, Rome, Italy.
- Playle R., Gensemer R., Dixon D. 1992. Copper accumulation on gills of fathead minnows – Influence of water hardness, complexation, and pH of the gill micro-environment. *Environmental Toxicology and Chemistry*. Vol. 11. P. 381–391.
- Protasowicki M. 1986. Sex effects on Cd, Pb, Cu and Zn contents in selected fish organs. *Baltic Sea Environment Proceedings*. Vol. 19. P. 433–441.
- Rajkowska M., Protasowicki M. 2013. Distribution of metals (Fe, Mn, Zn, Cu) in fish tissues in two lakes of different trophy in Northwestern Poland. *Environmental Monitoring and Assessment*. Vol. 185. P. 3493–3502.
- Roach A.C., Maher W., Krikowa F. 2008. Assessment of metals in fish from Lake Macquarie, New South Wales, Australia. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. Vol. 54. P. 292–308.
- Sandor Z., Csengeri I., Oncsik M.B. et al. 2001. Trace metal levels in freshwater fish, sediment and water. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 8. P. 265–268.
- Sciera K.L., Isley J., Tomasso J.R. et al. 2004. Influence of multiple water-quality characteristics on copper toxicity to fathead minnows (*Pimephales promelas*). *Environmental Toxicology and Chemistry*. Vol. 23 (12). P. 2900–2905.
- Zubcov E., Zubcov N., Ene A. et al. 2010. The dynamics of trace elements in Dniester River ecosystems. *Journal of Science and Arts*. Vol. 2 (13). P. 281–286.
- Zubcov E., Zubcov N., Ene A. et al. 2012. Assessment of copper and zinc levels in fish from freshwater ecosystems of Moldova. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 19. P. 2238–2247.

REFERENCES

- Bugaev A.V., Rastyagaeva N.A., Romadenkova N.N. et al. 2015. Results of long-term biological monitoring of Pacific salmon from fish hatcheries in the Kamchatka Territory. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 180. P. 273–309 (in Russian).
- Bugaev V.F. 1995. Asian sockeye. Moscow: Kolos Publ. 464 p. (in Russian).
- Bugaev V.F., Vronsky B.B., Zavarina L.O. et al. 2007. Fish of the Kamchatka River. Ed. V.F. Bugaev. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO Publ. 459 p. (in Russian).
- Voynar A.I. The biological role of elements in the body of animals and humans. Moscow: Vysshaya shkola Publ. 1960. 543 p. (in Russian).
- Gerlach S. 1985. Marine pollution: diagnosis and therapy. Moscow: Mir Publ. 200 p. (in Russian).
- Zakharikhina L.V., Litvinenko Yu.S. 2011. Genetic and geochemical features of Kamchatka soils. *Nauchno-issledovatel'skiy geotekhnologicheskii tsentr DVO RAN (Research Geotechnological Center of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences)*. Moscow: Nauka Publ. 45 p. (in Russian).
- Zaporozhets G.V., Zaporozhets O.M. 2011. Dynamics of Pacific salmon stocks in the river basins of Avacha Bay (Eastern Kamchatka) in the late 20th – early 21st centuries. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 166. P. 3–37 (in Russian).

- Konovalov S.M. 1980. Population biology of Pacific salmon. Leningrad: Nauka Publ. 237 p. (in Russian).
- Litvinenko A.V., Khristoforova N.K. 2020. Reflection of geochemical environmental conditions on the trace element composition of Pacific salmon. *Proceeding of the VIII International scientific conference "Water bioresources, aquaculture and ecology of water bodies"*. Kaliningrad. P. 139–147 (in Russian).
- Litvinenko A.V., Khristoforova N.K., Tsygankov V.Yu. et al. 2021. Trace element composition of the West Sakhalin chum salmon. *Proceeding of the international scientific conference dedicated to the 150th anniversary of the Sevastopol biological station of the Institute of Biology of the Southern Seas and the 45th anniversary of the research vessel "Professor Vodyanitsky" "Study of aquatic and terrestrial ecosystems: history and modernity"*. Sevastopol. P. 403 (in Russian).
- Morozov N.P., Petukhov S.A. 1986. Trace elements in the commercial ichthyofauna of the World Ocean. Moscow: Agropromizdat Publ. 160 p. (in Russian).
- Nozdryukhina L.R. 1977. The biological role of microelements in the body of animals and humans. Moscow: Nauka Publ. 183 p. (in Russian).
- Pogodaev E.G., Antonov N.P., Logachev A.R. et al. 2008. Status of stocks of Pacific salmon and measures for their exploitation in the river basins and the adjacent marine area of Avacha Bay. *Voprosy rybolovstva (Fishing Issues)*. Vol. 9. № 3 (35). P. 625–643 (in Russian).
- Reilly K. 1985. Metal contamination of food. Moscow: Agropromizdat Publ. 184 p. (in Russian).
- SanPiN 2.3.2.1078-01. 2002. Hygienic Requirements for the Safety and Nutritional Value of Food Products. Moscow: Goskomsanepidnadzor RF. 156 p. (in Russian).
- Khristoforova N.K., Danilin D.D., Litvinenko A.V. et al. 2022. Anadromous sockeye salmon of eastern Kamchatka: content of trace elements in organs and tissues. *Rol' statsionarnykh nablyudeniy v sovremennykh geograficheskikh issledovaniyakh (The role of stationary observations in modern geographical research)*. Vladivostok: Pacific Geographical Institute FEB RAS. P. 162 (in Russian).
- Khristoforova N.K., Emelyanov A.A., Efimov A.V. 2018. Bioindication of pollution of coastal marine waters of the island. Russian (Peter the Great Bay, Sea of Japan) with heavy metals. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 192. P. 157–166 (in Russian).
- Khristoforova N.K., Tsygankov V.Yu., Boyarova M.D., Lukyanova O.N. 2015. Trace element content in Pacific and Atlantic salmon. *Okeanologiya (Oceanology)*. Vol. 55. № 5. P. 751–758 (in Russian).
- Khristoforova N.K., Chernova E.N. 1989. Trace element composition of a giant oyster from Posyet Bay, Sea of Japan. *Biologiya moray (Russian Journal of Marine Biology)*. № 5. P. 54–60 (in Russian).
- Khristoforova N.K., Shulkin V.M., Kavun V.Ya. et al. 1993. Heavy metals in commercial and cultivated molluscs of Peter the Great Bay. Vladivostok: Dalnauka Publ. 296 p. (in Russian).
- Khrustaleva A.M., Uglova T.Yu., Ksenofontova A.A. et al. 2020. The content of macro- and microelements in the tissues of sockeye salmon from the reservoirs of the Kamchatka Peninsula. *Trudy VNIRO (Proceedings VNIRO)*. Vol. 179. P. 23–36 (in Russian).
- Shuntov V.P., Temnykh O.S. 2008. Pacific salmon in marine and oceanic ecosystems. Monograph. Vladivostok: TINRO-center Publ. Vol. 1. 481 p. (in Russian).
- Al-Yousuf M.H., El-Shahawi M.S., Al-Ghais S.M. 2000. Trace metals in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish in relation to body length and sex. *Science of the Total Environment*. Vol. 256 (2–3). P. 87–97.
- Alquezar R., Markich S.J., Booth, D.J. 2006. Metal accumulation in a common estuarine fish, *Tetractenos glaber* in the Sydney region Australia. *Environmental Pollution*. Vol. 142. P. 123–131.
- Authman M.N., Abbas H.H. 2007. Accumulation and distribution of copper and zinc in both water and some vital tissues of two fish species (*Tilapia zillii* and *Mugil cephalus*) of Lake Qarun, Fayoum Province, Egypt. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. Vol. 10. P. 2106–2122.
- Burger J., Gochfeld M. 2005. Heavy metals in commercial fish in New Jersey. *Environmental Research*. Vol. 99. P. 403–412.
- Firat O., Kargin F. 2010. Response of *Cyprinus carpio* to copper exposure: alterations in reduced glutathione, catalase and proteins electrophoretic patterns. *Fish Physiology and Biochemistry*. Vol. 36. P. 1021–1028.
- Nauen C.E. 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products, United Nations Food and Agriculture Organization. FAO Fishery Circular № 764, Rome, Italy.
- Playle R., Gensemer R., Dixon D. 1992. Copper accumulation on gills of fathead minnows – Influence of water hardness, complexation, and pH of the gill micro-environment. *Environmental Toxicology and Chemistry*. Vol. 11. P. 381–391.

- Protasowicki M. 1986. Sex effects on Cd, Pb, Cu and Zn contents in selected fish organs. *Baltic Sea Environment Proceedings*. Vol. 19. P. 433–441.
- Rajkowska M., Protasowicki M. 2013. Distribution of metals (Fe, Mn, Zn, Cu) in fish tissues in two lakes of different trophy in Northwestern Poland. *Environmental Monitoring and Assessment*. Vol. 185. P. 3493–3502.
- Roach A.C., Maher W., Krikowa F. 2008. Assessment of metals in fish from Lake Macquarie, New South Wales, Australia. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. Vol. 54. P. 292–308.
- Sandor Z., Csengeri I., Oncsik M.B. et al. 2001. Trace metal levels in freshwater fish, sediment and water. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 8. P. 265–268.
- Sciera K.L., Isley J., Tomasso J.R. et al. 2004. Influence of multiple water-quality characteristics on copper toxicity to fathead minnows (*Pimephales promelas*). *Environmental Toxicology and Chemistry*. Vol. 23 (12). P. 2900–2905.
- Zubcov E., Zubcov N., Ene A. et al. 2010. The dynamics of trace elements in Dniester River ecosystems. *Journal of Science and Arts*. Vol. 2 (13). P. 281–286.
- Zubcov E., Zubcov N., Ene A. et al. 2012. Assessment of copper and zinc levels in fish from freshwater ecosystems of Moldova. *Environmental Science and Pollution Research*. Vol. 19. P. 2238–2247.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Литвиненко Анна Владимировна – Сахалинский государственный университет; 693008, Россия, Южно-Сахалинск; кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, биологии и природных ресурсов; litvinenko.av@bk.ru. SPIN-код: 4968-2303, Author ID: 794871; Scopus ID: 57210122165.

Litvinenko Anna Vladimirovna – Sakhalin State University; 693008, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk; Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology, Biology and Natural Resources; litvinenko.av@bk.ru. SPIN-code: 4968-2303, Author ID: 794871; Scopus ID: 57210122165.

Салимзянова Карина Радиковна – Сахалинский государственный университет; 693008, Россия, Южно-Сахалинск; магистрант; salimzyanova_kr@mail.ru. SPIN-код: 3584-4548, Author ID: 1204257.

Salimzyanova Karina Radikovna – Sakhalin State University; 693008, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk; Master's Student; salimzyanova_kr@mail.ru. SPIN-code: 3584-4548, Author ID: 1204257.

Христофорова Надежда Константиновна – Дальневосточный федеральный университет; 690922, Приморский край, Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10; доктор биологических наук, профессор, профессор Международной кафедры ЮНЕСКО «Морская экология» Института Мирового океана; more301040@gmail.com. SPIN-код: 7185-2311, Author ID: 59132; Scopus ID: 6603961259.

Khristoforova Nadezhda Konstantinovna – Far Eastern Federal University; 690922, Russia, Vladivostok, Russian island, Ajax, 10; Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of UNESCO International Chair in Marine Ecology of the Institute of the World Ocean; more301040@gmail.com. SPIN-code: 7185-2311, Author ID: 59132; Scopus ID: 6603961259.

Данилин Дмитрий Диамидович – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии РАН; 683000, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; danilinbiv@mail.ru. SPIN-код: 9375-6500, Author ID: 755198.

Danilin Dmitry Diamidovich – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS; 683000, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences, Senior Scientific Researcher; danilinbiv@mail.ru. SPIN-code: 9375-6500, Author ID: 755198.

Цыганков Василий Юрьевич – Дальневосточный федеральный университет; 690922, Приморский край, Владивосток; доктор биологических наук, доцент, декан факультета промышленных биотехнологий и биоинженерии Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем»; tsig_90@mail.ru. SPIN-код: 5047-8410, Author ID: 699929; Scopus ID: 56150726400.

Tsygankov Vasily Yurevich – Far Eastern Federal University; 690922, Russia, Vladivostok; Doctor of Biological Sciences; Associate Professor; Dean of the Industrial Biotechnology and Bioengineering Faculty of the Advanced Engineering School “Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems”; tsig_90@mail.ru. SPIN-code: 5047-8410, Author ID: 699929; Scopus ID: 56150726400.

Статья поступила в редакцию 13.06.2023; одобрена после рецензирования 11.09.2023; статья принята к публикации 25.09.2023.

The article was submitted 13.06.2023; approved after reviewing 11.09.2023; accepted for publication 25.09.2023.

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 предпочтение 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

**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 отчеты без ограничения по сроку.

(подпись)

(Ф. И. О. автора)

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. Ключкова

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 29.09.2023 г.
Формат 60*84/8. Печать цифровая. Гарнитура PT Astra Serif
Авт. л. 9,68. Уч.-изд. л. 10,71. Усл. печ. л. 15,35
Тираж 500 экз. Заказ № КП23-005165

Подписной индекс в каталоге «Почта России» ПН093

Цена свободная

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

ISSN 2079-0333



9 772079 033418 >