

ISSN 2079-0333

**ВЕСТНИК
Камчатского
государственного
технического
университета**



**Научный
журнал**

Основан в 2002 г.

16+

ВЫПУСК

61

2022

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

61

2022

Петропавловск-Камчатский

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Клочкова Т.А. (главный редактор)	доктор биологических наук, доктор философии биологии (Ph.D.), проректор по научной работе и международной деятельности Камчатского государственного технического университета
Царенко С.Н. (научный редактор, технический раздел)	кандидат технических наук, доцент, доцент 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 кафедры технологии продуктов питания и организации ресторанного дела Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева
Богданов В.Д.	доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии продуктов питания Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета
Васильев М.В.	кандидат технических наук, капитан 1 ранга, начальник военного учебного центра при Камчатском государственном техническом университете
Водинчар Г.М.	кандидат физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Института космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук
Голохваст К.С.	доктор биологических наук, профессор РАН, член-корреспондент РАО, директор Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук
Йотсукура Н.	доктор философии биологии (Ph.D.), профессор, директор Морской станции Ошоро, научно-исследовательский центр по изучению северной биосферы Университета Хоккайдо (Япония)
Кадникова И.А.	доктор технических наук, старший научный сотрудник, ведущий 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 Камчатского государственного технического университета
Клочкова Н.Г.	доктор биологических наук, главный научный сотрудник Камчатского филиала Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской академии наук
Лобков Е.Г.	доктор биологических наук, профессор кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета
Максимова С. Н.	доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии продуктов питания Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета
Манаков Ю.А.	доктор биологических наук, заместитель директора по научной деятельности Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук
Потапов В.В.	доктор технических наук, главный научный сотрудник Научно-исследовательского геотехнологического центра Дальневосточного отделения Российской академии наук
Седова Н.А.	доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры водных биологических ресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета
Сенкевич Ю.И.	доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Института космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук
Токранов А.М.	доктор биологических наук, 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.), Vice-rector for Scientific Work and International Communications, Kamchatka State Technical University
Tzarenko S.N. (Scientific Editor, technical sciences)	Candidate of Technical Sciences, Associate 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 of Food Technology and Organization of Restaurant Business Chair, Orel State University named after I.S. Turgenev
Bogdanov V.D.	Doctor of Technical Sciences, Professor of Food Technology Chair, Far Eastern State Technical Fisheries University
Vasilev M.V.	Candidate of Technical Sciences, Captain 1st rank, Head of Military Training Center of Kamchatka State Technical University
Vodinchar G.M.	Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Leading Scientific Researcher of Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
Golokhvast K.S.	Doctor of Biological Sciences, Professor of Russian Academy of Sciences, Corresponding Member of Russian Academy of Education, Director of Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of Russian Academy of Sciences
Yotsukura N.	Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Professor, Director of Oshoro Marine Station, Field Science Center for Northern Biosphere, Hokkaido University (Japan)
Kadnikova I.A.	Doctor of Technical Sciences, Leading Scientific Researcher of Pacific Scientific 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, 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
Sedova N.A.	Doctor of Biological Sciences, 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, 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, Professor of Power Plants and Electrical Equipment of Ships Chair, Kamchatka State Technical University

Содержание

РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Благодравова М.В.

Перспективы использования бурой водоросли <i>Fucus distichus</i> в технологии рыбомучных изделий.....	6
--	---

РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Артюхин Ю.Б.

Фауна и население морских птиц у побережья Южно-Камчатского природного парка в летний сезон.....	16
---	----

Лобков Е.Г., Лобкова Л.Е.

Первый опыт оценки на Камчатке таксономического разнообразия, обилия и биомассы беспозвоночных животных (пауков и насекомых) в фоновых биотопах речной поймы (на примере низовий реки Авачи)	40
--	----

Авдощенко В.Г., Климова А.В.

Оценка загрязнения тяжелыми металлами почв города Петропавловска-Камчатского, Камчатский край	65
--	----

Казаков Н.В.

Особенности некоторых камчатских почв и необходимость их сохранения	82
---	----

Серазетдинова Ю.Р., Дышлюк Л.С., Фотина Н.В.,

Осинцева М.А., Голубцова Ю.В.

Агрохимические и микробиологические свойства почв породного отвала Барзасской обогатительной фабрики	93
---	----

Sedova N.A., Grigorev S.S.

Peculiarities of distribution of caridean shrimp larvae (Decapoda, Caridea) in eastern part of the Sea of Okhotsk	105
--	-----

Правила направления, рецензирования и опубликования рукописей статей.....	121
---	-----

Правила оформления рукописей статей.....	123
--	-----

Contents

SECTION I. TECHNICAL SCIENCES

Blagonravova M.V.

Prospects for brown algae <i>Fucus distichus</i> use in fishmeal products technology	6
---	---

SECTION II. BIOLOGICAL SCIENCES

Artukhin Yu.B.

Fauna and marine bird population near the South Kamchatka nature park coast in summer season	16
---	----

Lobkov E.G., Lobkova L.E.

The first experience of assessing taxonomic diversity, abundance and biomass of invertebrates (spiders and insects) in Kamchatka in the river floodplain background biotopes (on the example of the Avacha River lower reaches).....	40
---	----

Avdoshchenko V.G., Klimova A.V.

Assessment of soil heavy metal pollution in Petropavlovsk-Kamchatsky (Kamchatka territory).....	65
--	----

Kazakov N.V.

Peculiarities of some kamchatka soils and necessity of their preservation	82
---	----

Serazetdinova Y.R., Dyshlyuk L.S., Fotina N.V.,

Osintseva M.A., Golubtsova Yu.V.

Agrochemical and microbiological properties of Barzassky processing factory rock dump soils	93
--	----

Sedova N.A., Grigorev S.S.

Peculiarities of distribution of caridean shrimp larvae (Decapoda, Caridea) in eastern part of the Sea of Okhotsk.....	105
---	-----

Regulations for manuscript preparation, review and publication.....	121
---	-----

Manuscripts guidelines	123
------------------------------	-----

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БУРОЙ ВОДОРОСЛИ *FUCUS DISTICHUS* В ТЕХНОЛОГИИ РЫБОМУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Благоднравова М.В.

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

В статье приведены результаты исследований по разработке технологии рыбомучных изделий с внесением в качестве структурорегулирующих, вкусовых и обогащающих компонентов бурой водоросли *Fucus distichus*, а также бульона, приготовленного из отходов от разделки кеты. Приведены результаты исследований влияния внесения фукусовых водорослей на ПНС, липкость и ВУС рыбного фарша, а также влияния замены воды в рецептуре теста на бульон. Показано, что внесение перечисленных добавок положительно влияет на реологические свойства рыбомучной продукции, повышая прочность фарша, снижая потери влаги при термической обработке, повышая эластичность теста для производства пельменей. Приведена технологическая схема производства продукции, включающая операции по внесению водорослей и рыбного бульона.

Ключевые слова: водоудерживающая способность, кета, липкость, лососевые рыбы, массовая доля сухих веществ, реологические свойства, рыбомучные изделия, предельное напряжение сдвига, технологическая схема, фукусовые водоросли *Fucus distichus*.

PROSPECTS FOR BROWN ALGAE *FUCUS DISTICHUS* USE IN FISHMEAL PRODUCTS TECHNOLOGY

Blagonravova M.V.

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

The research results on the development of fishmeal products technology with the introduction of brown *Fucus distichus* as well as a broth prepared from chum salmon dressing waste as structure-regulating, flavoring and enriching components are presented in the article. The study results of *Fucus* algae introduction influence on limiting shear stress, stickiness and water-holding capacity of minced fish and the effect results of replacing water with broth in the dough recipe are presented. It is shown that the introduction of these additives has a positive effect on the rheological properties of fishmeal products, increasing the strength of minced meat, reducing moisture losses during heat treatment, increasing the dough elasticity for dumpling production. The technological scheme of production, including operations for the introduction of algae and fish broth, is given.

Key words: water-holding capacity, chum salmon, stickiness, salmon fish, mass fraction of solids, rheological properties, limiting shear stress, technological scheme, fishmeal products, *Fucus* algae *Fucus distichus*.

ВВЕДЕНИЕ

Рыбохозяйственный комплекс Камчатского края в значительной части заточен на добычу и переработку лососевых. При разделке лососевых рыб на филе образуются отходы в виде прирезей мяса, также значительная часть мышечной ткани остается на позвоночной и реберных костях. Представляется целесообразным перерабатывать подобные мясосодержащие отходы в пищевые продукты.

Один из вариантов переработки – производство рыбомучных изделий. Технологии рыбомучных изделий направлены на рациональное использование сырья, производство высококачественных изделий с монолитной, сочной и нежной консистенцией. Также на производство фарша с последующей переработкой в рыбомучные изделия целесообразно направлять мясо лососевых, имеющее бесструктурный, нетоварный вид, что обычно связано с действием микроспоридий, разжижающих мышечную ткань.

Перспективным является использование бурой водоросли семейства *Fucales*, а именно *Fucus distichus*, в качестве обогащающего и структурорегулирующего ингредиента при производстве рыбомучных изделий на основе рыбного фарша. Фукусовые водоросли имеют абсолютно уникальный химический состав и широко распространены в водах, омывающих Камчатский полуостров [Клочкова, Березовская, 1997; Подкорытова, 1991].

Целью работы являлось обоснование технологии рыбомучного продукта из фарша лососевых рыб с внесением бурой водоросли *Fucus distichus*.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

– анализ ассортимента и существующих технологий производства рыбомучных изделий;

– изучение биологических особенностей и технологических свойств кеты как сырья для производства рыбомучных изделий;

– обоснование использования водорослевого сырья в технологии рыбомучных изделий;

– разработка технологической схемы производства рыбомучных изделий на основе рыбного фарша с добавками;

– изучение влияния внесения добавок на реологические свойства рыбомучных изделий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследований в работе являлась технология рыбомучных изделий на основе рыбного фарша с добавками. Предметами исследований являлись кета мороженая (*Oncorhynchus keta*), соответствующая требованиям ГОСТ 32366 «Рыба мороженая. Технические условия», используемая в качестве сырья, бурые водоросли семейства *Fucales* (*Fucus distichus*), применяемые в качестве компонента рецептуры начинки для рыбомучных изделий на основе рыбного фарша (пельменей), рыбный бульон, используемый в качестве компонента теста, а также пельмени с добавками.

При отборе образцов для определения качества рыбного сырья, а также готовой продукции руководствовались указаниями ГОСТ 31339 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Правила приемки и методы отбора проб» и ГОСТ 7631 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей».

Для определения влияния вносимых водорослей на реологические свойства рыбного фарша исследовали предельное напряжение сдвига (ПНС), липкость и водо-

удерживающую способность. Для определения влияния добавки в виде рыбного бульона в тесто на его реологические свойства исследовали ПНС и липкость.

Предельное напряжение сдвига и липкость определяли на структуромере СТ-1М. Методика определения ПНС основана на определении усилия нагружения конуса при его внедрении на определенную глубину в пищевой продукт, установлении времени релаксации напряжений, возникших при его деформировании, и расчете предельного напряжения сдвига, с учетом угла при вершине конуса. Методика определения липкости основана на нагружении с помощью диска пищевой массы в течение определенного времени, деформация которой не превышает определенного значения, а затем в установлении усилия отрыва диска от исследуемой массы и расчете адгезионного напряжения (отношения усилия отрыва к площади диска). Руководствуясь указаниями ГОСТ 7636 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа» прессованием определяли водоудерживающую способность (ВУС). Метод основан на выделении из навески исследуемого продукта воды путем прессования и определении ВУС по массе. Массовую долю сухих веществ в бульоне определяли рефрактометрическим методом с помощью рефрактометра ИРФ-454 Б2М [Ковалева и др., 2012].

Для обработки полученных данных применяли методы статистической и графоаналитической обработки. Статистическую обработку результатов осуществляли на основе подсчета средних значений величин и стандартной средней ошибки. Графическая обработка экспериментальных данных проводилась с помощью «Microsoft EXCEL-2000». Цифровые величи-

ны, указанные в таблицах и графиках, представляют собой арифметическое среднее с доверительным интервалом $\Delta \pm 10\%$ и надежностью $P 0,95$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Технологии рыбомучных изделий позволяют производить продукцию, полностью готовую к употреблению либо требующую дополнительной доготовки. Использование добавок и различных технологических приемов позволяет производить продукцию в широчайшем ассортименте, пользующуюся большим спросом у потребителей. Положительный экономический эффект может дать организация побочных производств рыбомучных продуктов на предприятиях, занимающихся переработкой лососевых и сталкивающихся с проблемой необходимости переработки отходов производства, в том числе мясосодержащих.

Для этого необходимо разработать технологии продуктов из подобного сырья, пользующиеся спросом у потребителей как за счет своих высоких органолептических свойств, так и за счет повышенной биологической ценности. Такой подход позволит рационально использовать рыбное сырье, в определенной степени решить задачу продовольственного обеспечения населения биологически ценными продуктами и является экономически целесообразным. Одним из направлений выпуска рыбомучных рыбных изделий является производство пельменей.

Обоснованием использования в качестве сырья для начинки пельменей мяса кеты (*Oncorhynchus keta*) является то, что данный вид широко распространен, а также является вторым по численности и наиболее массовым среди дальневосточных лососей [Фадеев, 2005] после горбуши, но

в сравнении с последней мясо кеты отличается лучшими вкусовыми качествами, а также более высокими пищевой и биологической ценностью. Как показано на рисунке 1, кета широко распространена по всей северной части Тихого океана. Представляется целесообразным использовать для производства рыбомучных изделий мясосодержащие отходы от разделки кеты.

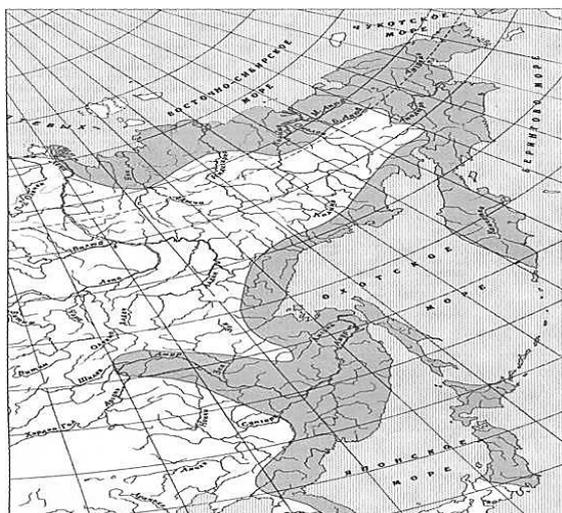


Рис. 1. Распространение кеты

Fig. 1. Distribution of chum salmon

При производстве рыбомучных изделий используется множество компонентов, преимущество среди которых целесообразно отдавать натуральным, внесение которых придаст продукту необходимые форму и консистенцию, вкус и запах, повысит биологическую ценность. Использование структурорегулирующих, вкусовых и обогащающих добавок на основе растительных и животных компонентов позволит создать экологически чистые и полезные для здоровья продукты питания.

Целесообразность использования в качестве обогащающей добавки бурых водорослей семейства Fucales – *Fucus distichus* – объясняется тем, что на Камчатке данный вид является довольно распространенным, однако широкого промышленного

применения пока не нашел. Фукусы распространены вдоль всего западного и восточного побережий Камчатки.

Запасы этих водорослей обширны, и трудностей в их добыче нет. Среди многочисленных бурых водорослей, имеющих практическое использование, *F. distichus* ценится за свой химический состав и особенно за высокое содержание сульфатированного полисахарида фукоидана, обладающего антикоагулянтным, противовирусным, антиоксидантным, гиполипидемическим, противовоспалительным, противоопухолевым и другими действиями [Клочкова и др., 2021]. В фукусах содержится широкий набор макро- и микроэлементов, входящих в состав организма человека.

Уникальность морских водорослей обусловлена еще и тем, что их солевой состав очень близок к составу плазмы крови и тканевой жидкости организма человека. В фукусах содержится практически полный и удачно сбалансированный набор химических элементов, которые легко усваиваются, не окисляют жиры и витамины, не образуют вредных соединений.

Активно ведутся исследования, направленные на изучение влияния биологически активных веществ, содержащихся в фукусах, на организм человека [Кузнецова и др., 2012; Иванушко, Имбс, 2017; Перервенко и др., 2019]. Фукус является перспективным пищевым сырьем благодаря ценному химическому составу, использование данных водорослей в качестве добавки в начинку рыбомучных изделий позволит повысить их биологическую ценность. Предполагается, что внесение водорослей в состав рыбного фарша, используемого в качестве начинки для пельменей, окажет положительное влияние на его реологические свойства благодаря значительному содержанию структурообразующих полисахаридов в водорослях.

Использование рыбного бульона, приготовленного из отходов от разделки, полученных при производстве рыбного фарша, в качестве рецептурного компонента теста позволяет рационально использовать рыбное сырье и дополнительно обогатить изделия ценными веществами, перешедшими в бульон при варке рыбных отходов.

В результате проведенных исследований разработана технология рыбомучных изделий на основе рыбного фарша (пельменей). Технологическая схема производства продукции приведена на рисунке 2. При приготовлении начинки для пельменей в рыбный фарш добавляли сушеные измельченные фукусковые водоросли (после набухания) и тщательно вымешивали. Сушеные водоросли, измельченные до размера частиц 2–2,5 мм (рис. 3), перед внесением в фарш замачивали в холодной воде в соотношении 1 : 7 (водоросли : вода) в течение 40 минут. Немясные отходы, полученные при разделке рыбы (головы, кости, плавники, кожу), использовали для производства бульона. Полученный рыбный бульон вносили в тесто.

При выработке рыбного фарша, в особенности при производстве из него рыбомучных изделий, решающее значение имеют такие структурно-механические показатели, как водоудерживающая способность, предельное напряжение сдвига, вязкость, липкость.

При исследовании влияния внесения фукусковых водорослей на свойства рыбного фарша, используемого в качестве начинки для пельменей, определяли предельное напряжение сдвига фарша, липкость и водоудерживающую способность.

Результаты исследований приведены в таблице 1. Из представленных в ней данных можно сделать вывод, что добавление водорослей в рецептуру рыбного фарша способствует улучшению реологических

показателей, повышению прочности фарша и его липкости. При внесении водорослей повышается водоудерживающая способность, что влияет на уменьшение потерь влаги фарша при термической обработке. Это, вероятно, связано с тем, что при добавлении водорослей влага в фарше оказывается прочно связанной за счет значительного содержания структурообразующих полисахаридов в водорослях.

Для определения влияния рыбного бульона в составе рецептуры теста для пельменей на его реологические показатели исследовали предельное напряжение сдвига и липкость образцов теста на структуромере СТ-1М. Определения проводили у только что замешанного теста, а затем – после отлежки. Тесто готовили по рецептурам, приведенным в таблице 2. Для исследований использовали образцы теста на воде; на бульоне с содержанием сухих веществ 2,8%; на бульоне с содержанием сухих веществ 1,4%.

Результаты определения реологических показателей теста приведены на рисунках 4 и 5. Как видно из результатов, после отлежки ПНС и липкость у всех образцов теста снижается, благодаря чему тесто становится более эластичным и менее липким. При этом отмечено, что образцы теста, приготовленные на бульоне, имели начальные значения липкости и ПНС ниже, чем образец на воде, а при добавлении бульона с большим содержанием сухих веществ наблюдалось более интенсивное снижение значений исследуемых показателей после отлежки. Следовательно, рыбный бульон в составе рецептуры теста положительно влияет на его реологические показатели. Также целесообразно вводить в технологическую схему операцию отлежки с целью улучшения структурно-механических свойств рыбомучных изделий.

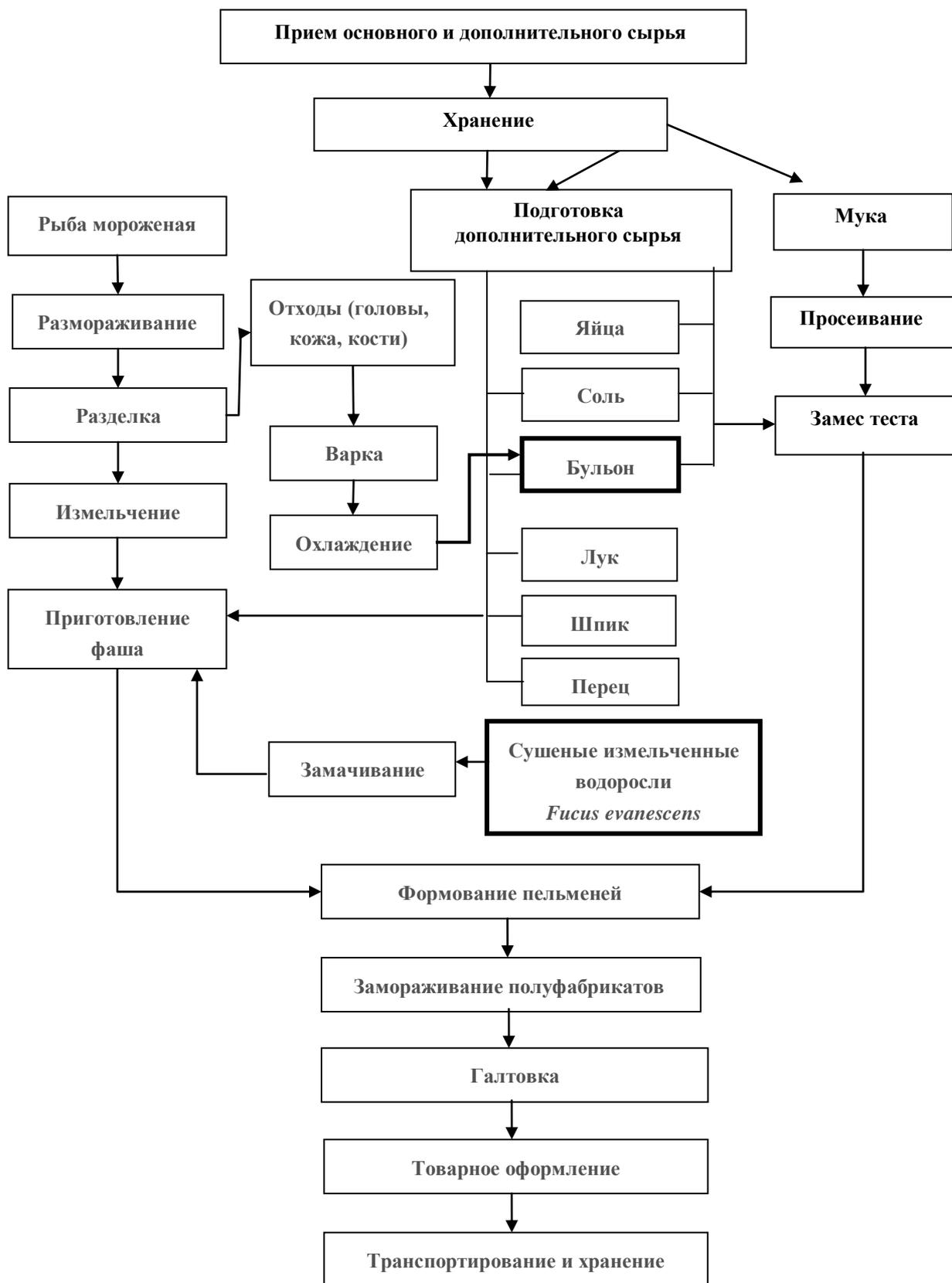


Рис. 2. Технологическая схема производства рыбных пельменей

Fig. 2. Technological scheme of fish dumplings production



Рис. 3. Водоросли семейства Fucales – *Fucus distichus*: а – сухие измельченные; б – после набухания

Fig. 3. Algae of the Fucales family – *Fucus distichus*: а – dried and crushed; б – after swelling

Таблица 1. Реологические показатели рыбного фарша с добавлением бурых водорослей

Table 1. Rheological parameters of minced fish with the addition of brown algae

Показатели	Образцы				
	Фарш без добавок	Фарш с добавлением водорослей, % от общей массы фарша			
		10	20	30	40
ПНС, кПа	20	24	28	32	35
Липкость, Па	7	9	12	15	17
ВУС, %	58	61	63	66	70

Таблица 2. Рецептуры теста дляпельменей

Table 2. Dough recipes for dumpling production

Наименование сырья	Расход сырья, кг	
	тесто на воде	тесто на бульоне
Мука пшеничная в/с	100,0	100,0
Яйца	300 шт./12*	300 шт./12*
Соль поваренная	1,0	1,0
Бульон	–	По расчету, с учетом требуемого содержания сухих веществ
Вода	По расчету	–
Влажность теста, %	40	40

* брутто/нетто



Рис. 4. Изменение ПНС образцов теста

Fig. 4. Changing of limiting shear stress in dough samples

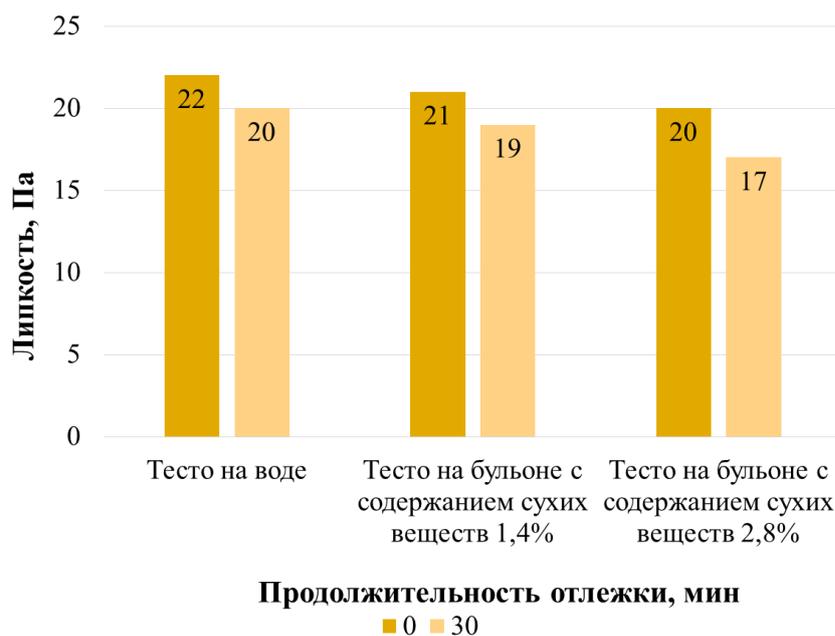


Рис. 5. Изменение липкости образцов теста

Fig. 5. Changing of stickiness in dough samples

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ литературных данных показал перспективность использования мяса кеты для производства рыбомучных изделий. Кета является массовым, высокочислен-

ным представителем дальневосточных лососей, важным промышленным объектом, имеющим ценный химический состав.

Обоснован выбор использования в качестве обогащающей добавки в технологии рыбомучных изделий водорослей

семейства *Fucales*, а именно *Fucus distichus*. Данный вид является распространенным на Камчатке, обладает уникальным химическим составом.

Показана целесообразность усовершенствования существующих технологий рыбомучных изделий путем использования новых биологически ценных, а также обладающих структурнорегулирующими свойствами добавок.

Разработана технологическая схема производства рыбомучных изделий – рыбных пельменей с обогащающими добавками. Разработанная технология позволяет расширить ассортимент изделий, привлекательных для потребителя; использовать местное сырье (кету, фукусковые водоросли); рационально использовать рыбное сырье путем переработки рыбных отходов, полученных при изготовлении фарша; улучшить реологические свойства изделий.

Исследовано влияние внесения добавок на реологические свойства начинки и теста для рыбомучных изделий. Исследования показали, что добавление водорослей в рецептуру рыбного фарша способствует улучшению его реологических показателей – повышаются прочность фарша, его липкость и водоудерживающая способность, что оказывает влияние на уменьшение потерь влаги фарша при термической обработке. Также доказано положительное влияние рыбного бульона в составе теста на его реологические показатели – липкость и ПНС.

Таким образом, фукусковые водоросли, в изобилии произрастающие в водах, омывающих Камчатку, могут применяться в технологии рыбомучных изделий в качестве натуральной структурнорегулирующей добавки из местного сырья. Их внесение также позволит внести в продукцию ценные биологические вещества, содержащиеся в водорослевом сырье, а также рас-

ширит ассортимент, придав новые вкусовые свойства.

ЛИТЕРАТУРА

- Иванушко Л.А., Имбс Т.И. 2017. Сравнительное изучение цитокинидулирующих свойств фукоидана из бурой водоросли *Fucus evanescens* и его производных. *Здоровье. Медицинская экология. Наука.* № 3 (70). С. 60–62.
- Клочкова Н.Г., Березовская В.А. 1997. Водоросли Камчатского шельфа. Распространение, биология и химический состав. Владивосток: Дальнаука. 154 с.
- Клочкова Т.А., Кашутин А.Н., Климова А.В., Клочкова Н.Г. 2021. Биология развития и экология бурой водоросли *Fucus distichus* в прибрежных водах Камчатки: Монография. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. 128 с.
- Ковалева И.П., Титова И.М., Чернега О.П. 2012. Методы исследования свойств сырья и продуктов питания. Санкт-Петербург: Проспект Науки. 152 с.
- Кузнецова Т.А., Запорожец Т.С., Макаренко И.Д. и др. 2012. Пребиотический потенциал полисахаридов из бурой водоросли *Fucus evanescens* и значение для клинического использования. *Тихоокеанский медицинский журнал.* № 1. С. 37–40.
- Перервенко О.В., Меджидова Х.М., Кашутин А.Н. 2019. Адаптивные изменения в работе иммунной системы у жителей Камчатки и изучение возможности иммунокоррекции с использованием морской бурой водоросли *Fucus distichus*. *Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование».* С. 54–58.

- Подкорытова А.В. 1991. Биологически активные вещества морских водорослей ДВ морей. *Тезисы доклада Всесоюзного совещания «Биологически активные вещества гидробионтов – новые лекарственные, лечебно-профилактические и технические препараты»*. Владивосток. С. 106–107.
- Фадеев Н.С. 2005. Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого океана. Владивосток: ТИПРО-Центр. 365 с.
- REFERENCES**
- Ivanushko L.A., Imbs T.I. 2017. Comparative study of cytokinin-inducing properties of fucoidan from brown algae *Fucus evanescens* and its derivatives. *Zdorov'e. Medicinskaya ekologiya. Nauka (Health. Medical Ecology. Science)*. № 3 (70). P. 60–62.
- Klochkova N.G., Berezovskaya V.A. 1997. Algae of the Kamchatka shelf. Distribution, biology and chemical composition. Vladivostok: Dalnauka Publ. 154 p.
- Klochkova T.A., Kashutin A.N., Klimova A.V., Klochkova N.G. 2021. Biology of development and ecology of brown algae *Fucus distichus* in the coastal waters of Kamchatka: Monograph. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU Publ. 128 p.
- Kovaleva I.P., Titova I.M., Chernega O.P. 2012. Methods of research of properties of raw materials and food products. St. Petersburg: Prospect Nauki Publ. 152 p.
- Kuznetsova T.A., Zaporozhets T.S., Makarenkova I.D. et al. 2012. Prebiotic potential of polysaccharides from brown algae *Fucus evanescens* and significance for clinical use. *Tihookeanskij medicinskij zhurnal (Pacific Medical Journal)*. № 1. P. 37–40.
- Perervenko O.V., Medzhidova H.M., Kashutin A.N. 2019. Adaptive changes in the immune system in Kamchatka residents and the study of the possibility of immunocorrection using the marine brown algae *Fucus distichus*. *Proceedings of National (All-Russian) scientific and practical conference "Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use"*. P. 54–58.
- Podkorytova A.B. 1991. Biologically active substances of seaweed of the two seas. *Proceedings of All-Union meeting "Biologically active substances of hydrobionts – new medicinal, therapeutic and prophylactic and technical preparations"*. Vladivostok. P. 106–107.
- Fadeev N.S. 2005. Handbook of biology and fisheries of the North Pacific Ocean. Vladivostok: TINRO-Center. 365 p.

**ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ
INFORMATION ABOUT THE AUTHOR**

Благонравова Майя Владимировна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии пищевых производств»; mblagonravova@mail.ru. SPIN-код: 6628-4016, Author ID: 652574.

Blagonravova Maya Vladimirovna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Food Production Technologies Chair; mblagonravova@mail.ru. SPIN code: 6628-4016, Author ID: 652574.

ФАУНА И НАСЕЛЕНИЕ МОРСКИХ ПТИЦ У ПОБЕРЕЖЬЯ ЮЖНО-КАМЧАТСКОГО ПРИРОДНОГО ПАРКА В ЛЕТНИЙ СЕЗОН

Артюхин Ю.Б.

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

Исследования проводили в июне – июле 2016 и 2021 гг. на юго-восточном побережье Камчатки. С борта маломерного судна (катера) и на моторной лодке учитывали птиц на морских трансектах и на маршрутах вдоль береговой черты. Зарегистрировано 32 вида птиц, в основном чистиковых (34,4% видового состава), чайковых (15,6%) и утиных (12,5%). Плотность распределения птиц на обследованной акватории составляла в среднем 25,5 особей/км². По численности на удаленных от суши учетных трансектах доминирующее положение занимали в равных долях трубконосые и чистиковые (по 42,9%), а на маршрутах близко к берегу – чайковые (61,5%) и чистиковые (23,0%). Общая летняя численность птиц в границах акватории площадью 1,3 тыс. км² оценивается величиной порядка 40 тыс. особей. Основу населения (около 60%) составляют 8 гнездящихся в этом районе видов, численность каждого из которых более 1 тыс. особей (в основном топорки и кайры). Остальные 40% приходятся на виды, которые прибывают сюда из других регионов (мигрирующие из Южного полушария тонкоклювые буревестники, глупыши из колоний с сопредельных территорий и плавунчики на послегнездовых кочевках).

Ключевые слова: водоплавающие птицы, морские птицы, население птиц, распределение, судовые учеты, численность, Южно-Камчатский природный парк.

FAUNA AND MARINE BIRD POPULATION NEAR THE SOUTH KAMCHATKA NATURE PARK COAST IN SUMMER SEASON

Artukhin Yu.B.

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

The study was conducted in June – July 2016 and 2021 on the southeastern coast of Kamchatka. Birds on line transects and on routes along the coastline were taken into account from the side of a small vessel (boat) and on a motor boat. We recorded 32 bird species, mainly alcids (34.4% of the species composition), larids (15.6%) and anatids (12.5%). The density of bird distribution in the water area was 25.5 individuals/km² on average. In terms of numbers, the tubenoses and alcids (42.9% each) occupied the dominant position on the accounting transects remote from the land, and on the routes close to the shore – larids (61.5%) and alcids (23.0%). The total number of birds within the boundaries of the coastal water area of 1 280 km² is approximately 40 thousand individuals. The basis of the population (about 60%) consists of eight species nesting in this area, each of which has more than 1 000 individuals (mainly tufted puffins and murre). The remaining 40% are species from other regions (short-tailed shearwaters migrating from

the southern hemisphere, northern fulmars nesting on the neighboring territories and phalaropes during post-nesting migrations).

Key words: waterbirds, seabirds, population of birds, distribution, shipboard surveys, abundance, South Kamchatka Nature Park.

ВВЕДЕНИЕ

Морские орнитологические исследования на побережье Южно-Камчатского природного парка (ЮКПП) и прилегающей акватории Тихого океана были ориентированы главным образом на изучение гнездовой птиц [Вяткин, 1986, 2000, 2008, 2011]. Население птиц в море в этих широтах изучал В.П. Шунтов [1972, 1992, 1995, 1998, 2016] в 1960-е и в начале 1990-х гг., но его судовые учетные маршруты пролегли в районах с глубинами более 80–100 м и не охватили прибрежную 10–15-километровую полосу. Только П.С. Вяткин [1999] попутно с описанием колоний в 1983 и 1995 гг. собрал сведения о распределении пыжиков на море у побережья этого района, а в 2000, 2001 и 2003 гг. на переходах вдоль берегов юго-восточной Камчатки мы провели судовые учеты, но полученные результаты опубликовали только в обобщенном виде при характеристике населения птиц всего региона [Артюхин, 2003].

В июне 2021 г. согласно договору между КФ ТИГ ДВО РАН и Природным парком «Вулканы Камчатки», который включает ЮКПП, в составе организованной парком комплексной экспедиции мы выполнили инвентаризацию гнездовой морской птиц на его территории [Артюхин, 2022]. Принимая во внимание слабую изученность населения птиц на море, заодно с описанием колоний учитывали всех птиц на акватории вдоль береговой линии и выполнили учеты на трансектах (полосах определенной длины и ширины) в прибрежных водах. Пятью годами ранее, в 2016 г., мы работали в этом районе в составе экспе-

диции по изучению китообразных под руководством А.М. Бурдина (КФ ТИГ ДВО РАН) и тоже провели аналогичные трансектные учеты птиц в прибрежной зоне.

В данном сообщении представлены результаты наших исследований населения морских птиц на акватории вдоль побережья ЮКПП, ограниченной по внешнему краю 100-метровой изобатой, которые были получены во время двух летних сезонов работ, с дополнениями из фрагментарных наблюдений предыдущих лет.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 2021 г. полевые наблюдения проводили в период с 24 по 29 июня. На борту маломерного судна (катера) «Анисифор Крупенин» (длина корпуса – 19,8 м, ширина – 5,0 м) и на надувной моторной лодке обследовали побережье от северной границы ЮКПП в бух. Жировой до южной – в бух. Вестник. Были осмотрены все местообитания, подходящие для гнездования морских птиц. Во внутренние участки обширных бухт (Мутная, Асача, Ходутка) мы не заходили, так как уже с моря было видно, что берега там непригодны для размещения колоний. Обследование побережья начали с моторной лодки 24 июня на участке от северной границы парка до основания м. Кекурного. На следующий день перешли на катере к южной границе парка в бух. Вестник и оттуда 26 июня продолжили исследовать берег на лодке в северном направлении до бух. Кузачин. В связи с усилением ветра и волнения на море следующий участок до входа в бух. Лиственничную осмотрели преимущественно

28 июня с борта катера при максимально возможном приближении к берегу, за исключением участка между мысами Крестовым и Пиратков, который под прикрытием берега удалось пройти на лодке. Осмотр побережья завершили 29 июня с лодки на участке бух. Лиственничная – м. Кекурный. Учитывали всех птиц в поле зрения как на акватории, так и в береговой черте. Результаты учетов близкородственных сходных по облику видов бакланов, плавунчиков и кайр объединяли в родовые группы из-за сложности идентификации в полевых условиях. При анализе вычисляли встречаемость каждого вида, выраженную в количестве особей на 1 км маршрута. Для этого все маршруты разбивали на 10-минутные интервалы, данные внутри которых суммировали и усредняли. В дальнейшем на основе этих значений для каждого вида и для всех птиц вместе рассчитывали среднее значение встречаемости (M) и ошибку средней (SE). Общая протяженность вдольбереговых учетных маршрутов составила 183 км (118 на лодке и 65 на катере).

Трансектные учеты проводили мористее во время перехода на катере 25 июня из бух. Русской в бух. Вестник. Наблюдения вели из ходовой рубки (5 м над уровнем моря) при средней скорости движения 18 км/ч. Координаты положения судна, скорость и направление движения регистрировали GPS-приемником в течение всего учета с 15-секундным интервалом. Использовали трансектный метод учета, разработанный американскими специалистами [Gould, Forsell, 1989]. Птиц подсчитывали на ходу в полосе шириной 300 м (по 150 м с каждого борта). Для определения плотности распределения, выраженную в количестве особей на 1 км², маршрут разбивали на 10-минутные интервалы, данные внутри которых суммировали и усредняли, после чего рассчитывали

среднее значение (M) и ошибку средней (SE). Общая протяженность трансект составила 142,9 км, их суммарная площадь – 42,9 км², общая продолжительность учетов – 8,0 ч (48 учетов по 10 мин).

В 2016 г. мы дважды проходили через район исследований по пути на Северные Курилы и обратно на аналогичном по размерам катере «Ashura» (длина корпуса – 19,5 м, ширина – 4,4 м). Трансектные учеты выполнялись 20 и 27–28 июля по той же самой американской методике при средней скорости движения 24 км/ч. Общая протяженность трансект равнялась 279,0 км, их суммарная площадь – 77,9 км², общая продолжительность учетов – 11,5 ч (69 учетов по 10 мин).

В оба сезона исследований все учетные маршруты проходили не далее 12 км от суши в прибрежной полосе шельфовой зоны до 100-метровой изобаты, являющейся внешней границей района исследований (рис. 1). Межгодовая разница в сроках проведения этих учетов составила почти месяц. Такой подход неприемлем при проведении мониторинговых исследований, но в нашем случае допустим, так как дал возможность более полно охарактеризовать особенности населения птиц на протяжении большей части летнего сезона.

Кроме того, в июне – июле 2001, 2002 и 2003 гг. на переходах вдоль юго-восточного побережья Камчатки мы выполнили трансектные учеты, общая протяженность которых в границах рассматриваемой области составила 163 км. Наблюдения проводили с борта парусно-моторной яхты и на среднетоннажных траулерах по методике, которую использовал В.П. Шунтов в своих исследованиях [Артюхин, 2003]. В последующий период мы посещали район исследований 5 и 25 июля 2006 г. на рыболовной шхуне «Гродно», 11 и 25 июня 2009 г. на круизном судне

ледокольного типа «Профессор Хромов», 4 и 16 июня 2011 г. на НИС «Георг Стеллер» (ныне пассажирское судно «Афина»). Наблюдения за птицами во время этих рейсов были неполными и без охвата трансектными

учетами обсуждаемой акватории на всем ее протяжении, поэтому из собранных материалов в данном сообщении использованы только те, которые дополняют результаты наших исследований за два последних сезона.

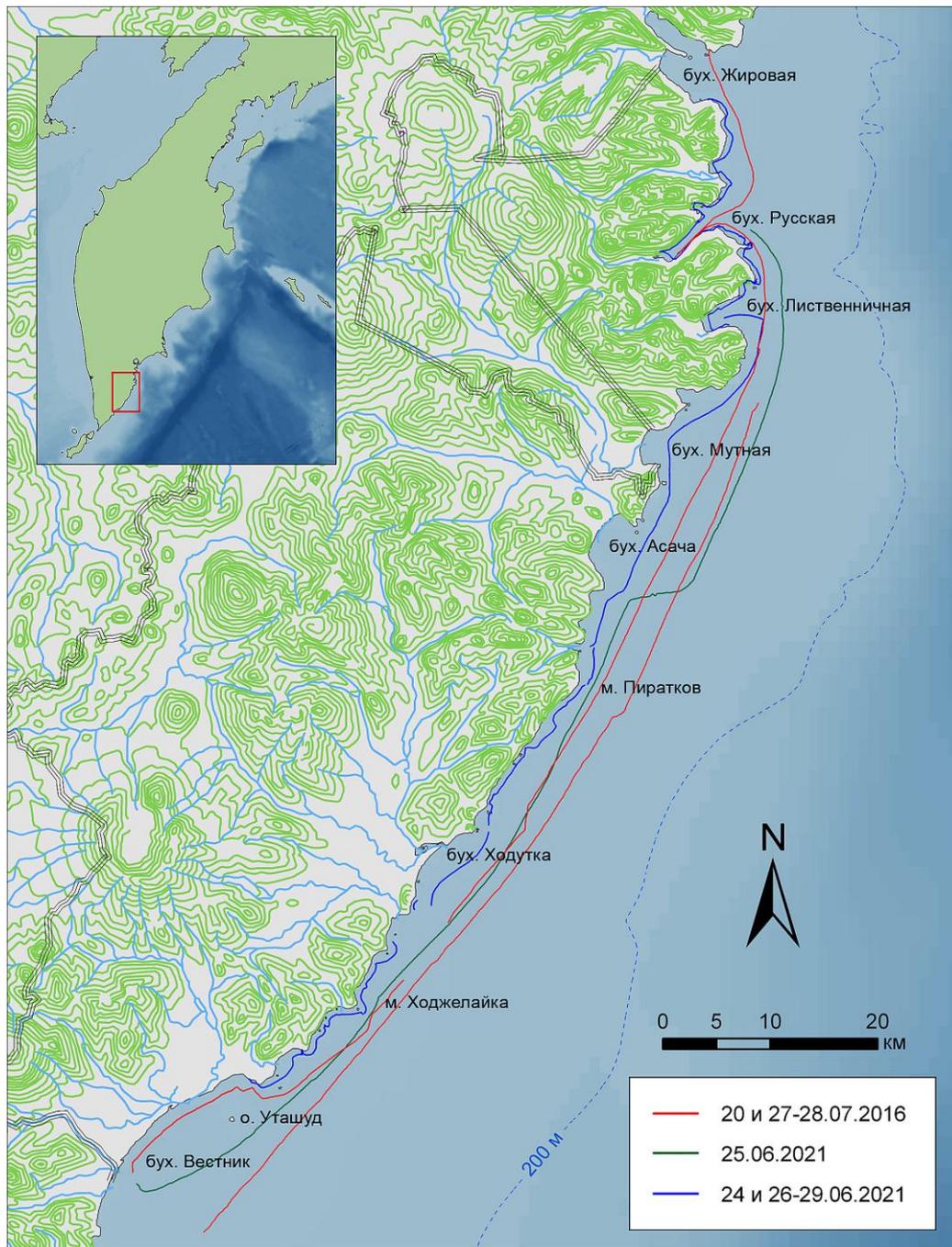


Рис. 1. Траектории трансектных (20 и 27–28.07.2016 и 25.06.2021) и вдольбереговых маршрутных (24 и 26–29.06.2021) учетов морских птиц, выполненных у побережья Южно-Камчатского природного парка. Тройной линией показаны сухопутные границы северного и южного кластеров парка

Fig. 1. Location of line transect (20 and 27–28.07.2016 and 25.06.2021) and alongshore (24 and 26–29.06.2021) counts of marine birds near the South Kamchatka Nature Park coast. Triple lines show the land borders of the park northern and southern clusters

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ

Южно-Камчатский природный парк, расположенный в юго-восточной части п-ова Камчатка, состоит из двух отдельных кластеров – северного и южного (рис. 1). Береговая линия на территории парка на северном участке протянулась на 100 км от бух. Жировой (N52,601°; E158,409°) до северного угла бух. Мутной (N52,230°; E158,401°), на южном – на 136 км от южного мыса в бух. Мутной (N52,191°; E158,412°) до устья р. Ильинской в бух. Вестник (N51,446°; E157,501°). Участок побережья к северу от м. Поворотного относится к Авачинскому заливу.

Морское побережье парка абразионно-бухтового типа [Зенкович, 1967], где более или менее выровненные участки коренного берега с очень высокими клифами или абразионно-денудационными уступами чередуются с небольшими вогнутостями или открытыми бухтами, чаще всего привязанными к депрессиям рельефа и долинам рек. Берега широких бухт (Асача, Ходутка, Вестник и др.) представляют собой низкие аллювиально-морские террасы или широкие пересыпи, отчленяющие пониженные пространства приустьевых частей рек и иногда их дельты. Мысы окаймлены широкими подводными бенчами, поверхность которых образована грядами рифов, надводными и подводными останцами-кекурами.

Побережье северного кластера одно из наиболее изрезанных на юго-востоке Камчатки, с резким падением глубин вблизи береговой кромки. Между бухтами почти повсеместно проходит узкая рифовая полоса. Побережье южного участка более спрямленное, особенно к югу от м. Пиратков, с набором обширных бухт. Скалистые берега, сформированные отрогами близлежащих горных массивов, распространены главным образом в средней части кла-

стера. Берег приглубый, с многочисленными рифами и грядами осыхаемых и подводных камней. Литоральная зона, осушаемая при отливе, достигает наибольшей ширины в местах с небольшим уклоном морского дна.

Прибрежная зона находится под воздействием сточного Восточно-Камчатского течения со скоростью 0,3–0,7 узлов. Приливы неправильные полусуточные с амплитудой до 2,1 м. Поверхностная температура вод, омывающих юго-восточное побережье полуострова, в самом теплом месяце (августе) составляет в среднем 10–11°C [Атлас..., 1974; Лоция..., 2004].

Климат на побережье типично морской с умеренно теплым влажным летом. Для района характерны сильные ветры, среднемесячная скорость которых на мысах составляет 8–10 м/с, максимальная превышает 40 м/с. Средняя температура августа не более 12–13°C, но возможны дни со средней суточной температурой выше 25°C. Безморозный период длится около четырех месяцев. Средние скорости ветра летом меньше, чем зимой. В связи с бризовой циркуляцией воздуха днем преобладают ветры южной четверти, ночью – северной. Скорость ветра больше днем в период развития морского бриза. Осадков выпадает, как и в другие сезоны, довольно много – 100–120 мм в месяц. Нередки низкая облачность и туманы [Кондратюк, 1974].

В морских биоценозах района исследований ведущим компонентом являются макрофиты (в основном бурые водоросли), создающие в верхних отделах шельфа до 60–70% биомассы [Селиванова, 2002]. Зоопланктон, играющий важную роль в питании морских птиц, по биомассе на 90% состоит из копепод, эвфаузиид и щетинко-челюстных [Батищева, 2008]. Состав прибрежной ихтиофауны формируют представители семейств донных и придонных рыб

– рогатковые, терпуговые, стихеевые и камбаловые [Токранов, 2022]. Для птиц в летний период большое значение имеют подходящие к берегу на нерест косяки мойвы *Mallotus villosus*, а также скопления молоди минтая *Gadus chalcogrammus*, которые обильны в южной части Авачинского залива и на мелководье юго-восточного побережья [Буслов, 2008].

В 2021 г. во время экспедиционных работ 24–29 июня в районе исследований преобладала ясная погода с вариациями температуры воздуха от 5–8°C ночью до 9–19°C днем. По мере прогревания воздуха сила ветра в прибрежье в дневные часы существенно возрастала. Наиболее ветреной (более 10 м/с) погода была 28 июня, в связи с чем в этот день мы были вынуждены обследовать береговую черту с борта катера, а не на лодке. Суточная амплитуда приливно-отливных колебаний уровня моря достигала 2 м с пиками малой воды в дневное время.

По результатам наших исследований [Артюхин, 2022], на побережье ЮКПП размножаются до 4,3 тыс. пар шести видов морских колониальных птиц. Кроме того, на крайнем юге рассматриваемой территории более 17 тыс. пар тринадцати видов гнездятся на о. Уташуд [Вяткин, 2011], который вместе с окружающей его трехмильной акваторией входит в состав Южно-Камчатского федерального государственного заказника. А в 24 км к северу от границы ЮКПП расположен региональный памятник природы «Остров Старичков», где находится крупнейшее на юго-востоке Камчатки поселение морских птиц 15 видов, общей численностью более 90 тыс. пар [Зеленская, 2010].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Видовой состав и численность учтенных птиц представлены в таблицах 1 и 2.

В общей сложности в течение двух сезонов учтены 3 378 особей на судовых трансектах и 5 317 – на вдольбереговых маршрутах на лодке и катере. Несмотря на то, что траектории этих учетов обычно проходили на расстоянии всего нескольких километров друг от друга, а местами практически совпадали, соотношение видов по численности существенно различалось. На более удаленных от суши трансектах в населении птиц доминирующее положение занимали в равных долях трубконосые и чистиковые (по 42,9%), в то время как на маршрутах ближе к берегу – чайковые (61,5%) и чистиковые (23,0%).

Группа морских уток в учетах представлена летующими особями трех видов, которых наблюдали на лодочных маршрутах в непосредственной близости от береговой линии (табл. 2). Из них только камешка встречалась по всему исследованному району вдоль скалистых берегов. Всего учтено 96 камешек – от 1 до 17, в среднем 7 особей ($n = 14$). Горбоносых турпанов встретили дважды по паре самцов 24 июня в бух. Фальшивой, а длинноносых крохалей – две особи 24 июня в бух. Песчаной, одиночку 26 июня в районе м. Желтого и группу из 12 особей 29 июня в кутовой части бух. Лиственничной.

Из гагар зарегистрировали только краснозобых (табл. 1 и 2): в 2016 г. одиночку на трансекте в бух. Вестник, в 2021 г. еще одну – 25 июня на трансекте к югу от бух. Лиственничной и трех одиночных – 26 июня на лодочном маршруте от бух. Вестник до м. Ходжелайка. Скорее всего, это были птицы, которые гнездились в близлежащих приморских тундрах и вылетели покормиться на море. Краснозобые гагары обычны на Камчатке, поэтому на юго-восточном побережье на кормежке могут быть встречены во многих бухтах, особенно вблизи устьев рек [Лобков, 1986].

Таблица 1. Видовой состав и плотность распределения морских птиц у побережья Южно-Камчатского природного парка по результатам трансектных учетов в июле 2016 г. и июне 2021 г. (особей/км²)

Table 1. Species composition and density of marine birds distribution near the South Kamchatka Nature Park coast according to the results of line transect counts in July 2016 and June 2021 (birds/km²)

Вид	2016 г. (77,9 км ²)		2021 г. (42,9 км ²)		Оба сезона (120,8 км ²)	
	М	SE	М	SE	М	SE
Краснозобая гагара <i>Gavia stellata</i>	0,02	–	0,02	–	0,02	0,02
Темноспинный альбатрос <i>Phoebastria immutabilis</i>	0,04	0,02	–	–	0,02	0,01
Глупыш <i>Fulmarus glacialis</i>	5,44	1,48	4,14	1,19	4,91	1,00
Тонкокловый буревестник <i>Puffinus tenuirostris</i>	9,83	7,39	0,28	0,13	5,92	4,37
Сизая качурка <i>Oceanodroma furcata</i>	0,15	0,07	–	–	0,09	0,04
Берингов и краснолицый бакланы <i>Phalacrocorax pelagicus, Ph. urile</i>	1,16	0,39	0,12	0,10	0,73	0,24
Плосконосый и круглоносый плавунчики <i>Phalaropus fulicarius, Ph. lobatus</i>	2,48	1,09	–	–	1,46	0,65
Средний поморник <i>Stercorarius pomarinus</i>	0,04	0,02	–	–	0,02	0,01
Тихоокеанская чайка <i>Larus schistisagus</i>	1,05	0,25	0,84	0,26	0,96	0,18
Серокрылая чайка <i>Larus glaucescens</i>	0,01	–	0,02	–	0,02	0,01
Моевка <i>Rissa tridactyla</i>	0,33	0,10	0,58	0,33	0,43	0,15
Тонкокловая и толстоклювая кайры <i>Uria aalge, U. lomvia</i>	2,02	0,44	6,16	3,27	3,72	1,37
Тихоокеанский чистик <i>Cepphus columba</i>	0,15	0,08	–	–	0,09	0,04
Старик <i>Synthliboramphus antiquus</i>	1,53	0,90	0,39	0,15	1,06	0,53
Большая конюга <i>Aethia cristatella</i>	0,01	–	–	–	0,01	–
Ипатка <i>Fratercula corniculata</i>	0,03	0,02	0,09	0,05	0,05	0,02
Топорок <i>Lunda cirrhata</i>	8,85	1,77	1,93	0,41	6,02	1,10
Все виды	33,14	7,85	14,57	3,48	25,52	4,91

Примечание. В скобках – площадь акватории, охваченная учетными трансектами

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

Таблица 2. Видовой состав и встречаемость морских птиц у побережья Южно-Камчатского природного парка по результатам вдольбереговых маршрутных учетов в июне 2021 г. (особей/км)

Table 2. Species composition and occurrence of marine birds near the South Kamchatka Nature Park coast according to the results of alongshore counts in June 2021 (birds/km)

Вид	Учеты с лодки (118 км)		Учеты с катера (65 км)		Все учеты (183 км)	
	М	SE	М	SE	М	SE
Каменушка <i>Histrionicus histrionicus</i>	1,03	0,42	–	–	0,69	0,28
Горбоносый турпан <i>Melanitta deglandi</i>	0,03	–	–	–	0,02	–
Длинноносый крохаль <i>Mergus serrator</i>	0,09	0,06	–	–	0,06	0,04
Краснозобая гагара <i>Gavia stellata</i>	0,03	0,02	–	–	0,02	0,01
Глупыш <i>Fulmarus glacialis</i>	–	–	0,01	–	< 0,01	–
Берингов и краснолицый бакланы <i>Phalacrocorax pelagicus, Ph. urile</i>	6,86	2,21	1,49	0,92	5,09	1,53
Тихоокеанская чайка <i>Larus schistisagus</i>	10,56	2,91	3,88	1,84	8,35	2,06
Моевка <i>Rissa tridactyla</i>	19,22	10,07	6,55	6,19	15,03	7,05
Тонкокловая и толстоклювая кайры <i>Uria aalge, U. lomvia</i>	1,71	1,06	0,48	0,17	1,30	0,71
Тихоокеанский чистик <i>Cepphus columba</i>	0,67	0,42	0,01	–	0,46	0,28
Длиннокловый пыжик <i>Brachyramphus perdix</i>	0,07	0,04	0,02	–	0,05	0,03
Старик <i>Synthliboramphus antiquus</i>	0,07	0,05	–	–	0,05	0,03
Ипатка <i>Fratercula corniculata</i>	0,24	0,11	0,03	0,02	0,17	0,07
Топорок <i>Lunda cirrhata</i>	8,85	4,81	2,38	0,86	6,71	3,24
Все виды	49,43	17,16	14,85	6,62	38,00	11,77

Примечание. В скобках – длина учетных маршрутов

Note. In parentheses – the length of the accounting routes

Результаты наших учетов водоплавающих птиц (уток и гагар), вероятно, неполные, так как мы не осматривали внутреннюю часть обширных бухт с низинными берегами, где часто держатся эти птицы. Так, кроме вышеперечисленных видов мы наблюдали 4 июня 2011 г. на трансектных учетах с борта НИС «Георг Стеллер» группу из 10 морских чернетей *Aythya marila* на траверзе бух. Ходутка и трех одиночных взрослых чернозобых гагар *Gavia arctica* в бух. Вестник. Еще трех чернозобых гагар (1 взрослую и 2 неполовозрелых) видели с РС «Гродно» 4 июля 2006 г. в центральной части бух. Асача.

Ни один из видов трубконосых не гнездится на побережье ЮКПП [Артюхин, 2022]. Тем не менее эта группа доминировала на судовых трансектах за счет присутствия значительного количества кочующих птиц из других районов. Все виды трубконосых в море ведут преимущественно пелагический образ жизни, поэтому мы не видели их на вдольбереговых маршрутах, за исключением одного залетевшего глупыша. Наиболее многочисленными были тонкоклювые буревестники, которые мигрируют сюда из Южного полушария с мест гнездования в Австралии и Тасмании [Шунтов, 1998]. В июле 2016 г. перемещающиеся на север стаи этих птиц встречались на всем протяжении от бух. Русской до бух. Вестник со средней плотностью распределения 9,8 особей/км², локальной – 510,2 особей/км² на 10-минутной трансекте (рис. 2). Большинство буревестников преодолевали район исследований транзитом без задержки, но 27 июля на траверзе м. Пиратков наблюдали кормовое скопление из сотен птиц в ассоциации с горбатыми китами *Megaptera novaeangliae*. Во время наблюдений в 2021 г., которые проходили на месяц раньше, в учеты попали всего 12 особей

и численность оказалась на порядок ниже (0,3 особи/км²) – очевидно, в этом сезоне мы застали лишь самое начало пролета буревестников (см. табл. 1).

Вторым по численности на трансектах был глупыш, который встречался в оба сезона работ практически на всем протяжении обследованной акватории с локальной плотностью до 77,8 особей/км² на 10-минутной трансекте (табл. 1, рис. 2). Из 639 учтенных глупышей 609 были темной окраски. Птицы светлой морфы, которая тяготеет к шельфу и зонам холодных сточных течений [Шунтов, 1998], встречались единично (всего 4,7%), но все же чаще, чем на сопредельных более удаленных от суши акваториях, где их доля составляет от 1 до 3% [Шунтов, 1992]. Глупышей одинаково часто наблюдали на лету и на плаву во время отдыха или сбора кормовых объектов с поверхности воды. В границах района исследований и вблизи него глупышей на гнездовании практически нет: от 20 до 80 пар время от времени размножаются на о. Уташуд [Вяткин, 2011], и случайное гнездование одной пары регистрировали на о. Старичков [Лобков, 2009; Зеленская, 2010]. Ближайшие массовые гнездовья этого вида находятся на расстоянии более 200 км на о. Анциферова и далее на юг на средних Курильских о-вах, которые почти полностью заселены птицами темной морфы [Артюхин и др., 2001]. Мы предполагаем, что на юго-востоке Камчатки в летний период кочуют не только неразмножающиеся глупыши, но и гнездящиеся на Курилах, так как в поисках пищи эти птицы разлетаются из своих колоний на сотни километров [Hatch, Nettleship, 1998; Hatch et al., 2010]. Не исключено, что сюда прилетают кормиться глупыши и с удаленных на 600 км Командорских о-вов, где находятся крупные гнездовья темноокрашенных птиц [Артюхин, 1999].

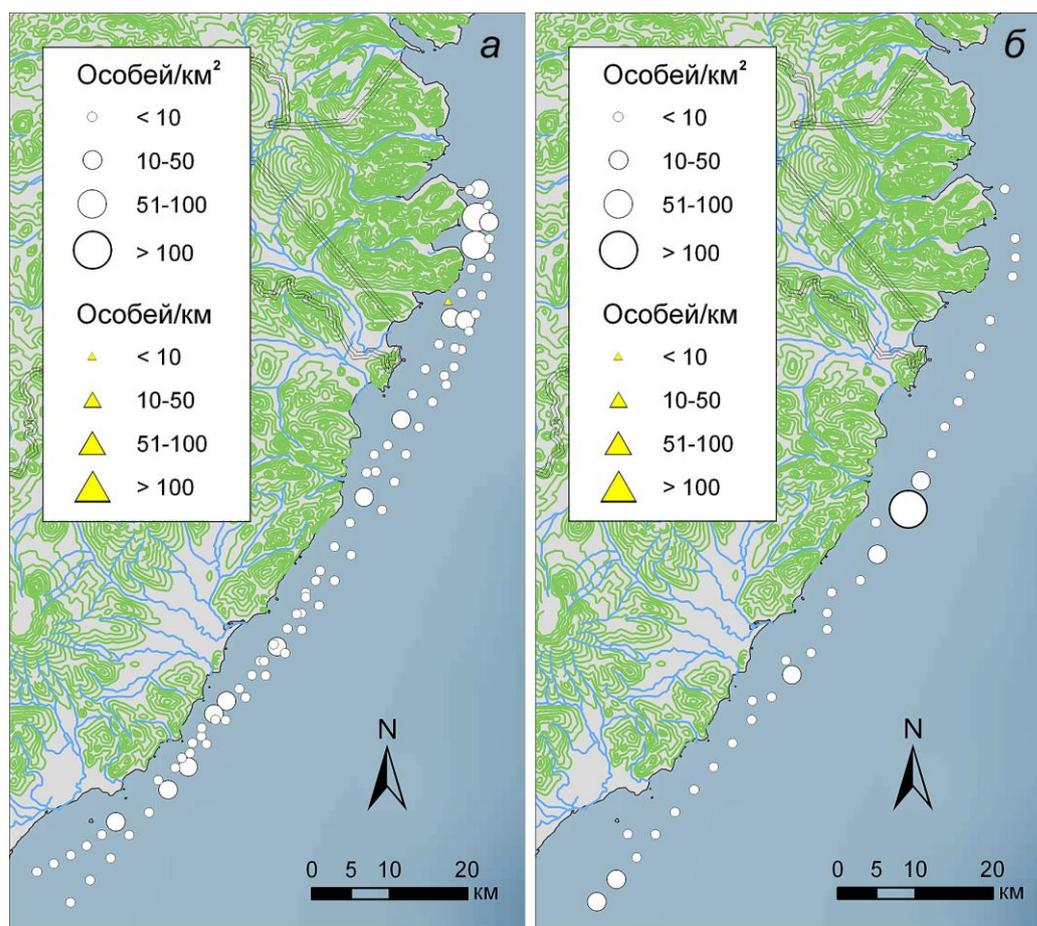


Рис. 2. Распределение и численность глупышей (а) и тонкоклювых буревестников (б) у побережья Южно-Камчатского природного парка по результатам трансектных (особей/км²) и вдольбереговых маршрутных (особей/км) учетов в 2016 и 2021 гг.

Fig. 2. Distribution and number of northern fulmars (a) and short-tailed shearwaters (b) near the South Kamchatka Nature Park coast according to the results of line transect (birds/km²) and alongshore (birds/km) counts in 2016 and 2021

Сизая качурка тяготеет к океаническому водным массам [Шунтов, 1998] и редко посещает прибрежные мелководья. Мы наблюдали одиночных птиц этого вида общим числом 15 особей 27 июля 2016 г. на самом дальнем от суши трансектном маршруте (см. табл. 1). По своему происхождению они могли быть связаны с близлежащими колониями на о. Старичков численностью в несколько сотен пар [Зеленская, 2010] и о. Уташуд – 500 пар [Вяткин, 2011], либо с Курильскими о-вами, где находится центр обилия этого вида в азиатской части ареала [Шунтов, 1998]. На Камчатке основные гнездовья сизой

качурки находятся на Командорских о-вах, вид включен в Красную книгу Камчатского края [2018].

В границах обсуждаемой акватории ни в одном из рейсов мы не видели северных качурок *Oceanodroma leucorhoa*, хотя этот вид был обнаружен в 2010 и 2011 гг. на Уташуде в ночное время суток в количестве 1 тыс. пар [Вяткин, 2011], и предполагается его размножение на о. Старичков [Марковец, 2007; Зеленская, 2010]. Судя по наблюдениям на Курилах, где расположены основные гнездовья данного вида в азиатской части ареала, северные качурки еще до рассвета улетают из колоний кормиться

в открытые воды океана, поэтому вблизи суши в светлое время встречаются только в глубоководных проливах между островами [Шунтов, 1998; Артюхин, 2003].

Самый редкий вид трубконосых – темнопинный альбатрос – избегает шельфовых вод и в норме у берегов встречается только там, где к ним близко подходит свал глубин [Шунтов, 1998]. По этой причине мы наблюдали его лишь на крайнем юго-востоке обследованной акватории 27 июля 2016 г. в количестве четырех одиночных особей (см. табл. 1).

Берингов и краснолицый бакланы в 2021 г. на гнездовании были обнаружены в двух пунктах на самом южном участке побережья ЮКПП общим числом 737 пар при соотношении 1 : 1,3 [Артюхин, 2022]. Неразмножающиеся птицы, которые всегда присутствуют в значительном количестве в местах гнездования, встречались в районе исследований повсеместно (рис. 3). Оба вида являются сугубо прибрежными птицами [Артюхин, 2011а, б], поэтому во время морских учетов мы наблюдали их главным образом в тех случаях, когда катер приближался близко к берегу. В целом на трансектах бакланы малочисленны, учтено 60 птиц при средней плотности распределения 0,7 особей/км², локальной – до 15,5 особей/км² на 10-минутном интервале (см. табл. 1). На вдольбереговых маршрутах они были обычными, всего мы зарегистрировали 837 особей (не считая птиц в колониях) по 1–165, в среднем 28 птиц ($n = 30$); встречаемость во время учетов составляла в среднем 5,1 особей/км (см. табл. 2). Большинство бакланов находились в скоплениях на береговых скалах и рифах. Краснолицый баклан на Камчатке гнездится в основном на юго-восточном побережье от м. Лопатка до р. Жупанова в количестве 2 тыс. пар; вид включен в Красную книгу Камчатского края [2018].

В третьей декаде июля 2016 г. с началом послегнездовых морских кочевок на трансектных маршрутах стали обычными плосконосый и круглоносый плавунчики (табл. 1; рис. 3). Первый из этих видов гнездится в арктических тундрах, второй – на приморских равнинах по всей Камчатке и севернее [Лобков, 1986; Шунтов, 1998]. Всего отмечены 192 плавунчика обоих видов по 1–60, в среднем четыре особи ($n = 54$); средняя суммарная численность составляла 2,5 особи/км², локальная – до 61,1 особи/км². В июне 2021 г. мы этих птиц не видели, так как они пока находились в местах размножения. Во время учетов мы не разделяли плавунчиков по видам, но 27 июля 2016 г. на переходе от о. Шумшу до бух. Лиственничной периодически делали глазомерную оценку соотношения их численности, которое оказалось равным 1 : 4 в пользу круглоносого.

Три вида поморников, гнездящиеся на Северо-Востоке Азии, подобно плавунчикам начинают отлетать на зимовки уже с середины лета, особенно в голодные сезоны с неблагоприятными кормовыми условиями [Шунтов, 1998]. Мы наблюдали на трансектах 20 и 27 июля 2016 г. четырех одиночных взрослых средних поморников (1 темной и 3 светлой морфы), передвигающихся в южном направлении (см. табл. 1). Стен Бергман добыл двух кочующих поморников в 1922 г.: 23 июля в бух. Лиственничной и 4 августа в бух. Пьяной [Bergman, 1935].

Чайковые птицы представлены тремя видами. Тихоокеанская чайка – самый распространенный и наиболее массовый гнездящийся вид морских птиц на побережье ЮКПП, в 2021 г. ее общая численность составляла более 2,2 тыс. пар [Артюхин, 2022]. На обследованной акватории она встречалась повсеместно (рис. 4). На трансектах была малочисленной: учтены 92 чайки

со средней плотностью распределения 1,0 особей/км², локальной – до 11,8 особей/км² (см. табл. 1.). На море держится в основном поодиночке, и только в 12,7% всех встреч ($n = 79$) наблюдали группы по 2–4 особи. Среди отмеченных птиц 7,6% были неполовозрелыми в промежуточных нарядах ($n = 92$).

Тихоокеанские чайки демонстрировали явную привязанность к узкой прибрежной полосе: на маршрутах вдоль берега их было значительно больше, чем на морских трансектах (см. табл. 2). Мы регулярно на-

блюдали чаек, собравшихся в «клубах» на рифах и пляжах в устьях рек. Всего насчитали 1 329 особей (без учета птиц в колониях) при средней численности 8,4 особей/км. Размеры групп варьировали от 4 до 150, в среднем 35 особей ($n = 38$). Повышенные концентрации чаек на периферийных участках района исследований, по-видимому, формировались за счет птиц из крупных колоний, расположенных у его границ на о-вах Старичков – 2,8 тыс. пар [Зеленская, 2010] и Уташуд – 4 тыс. пар [Вяткин, 2011].

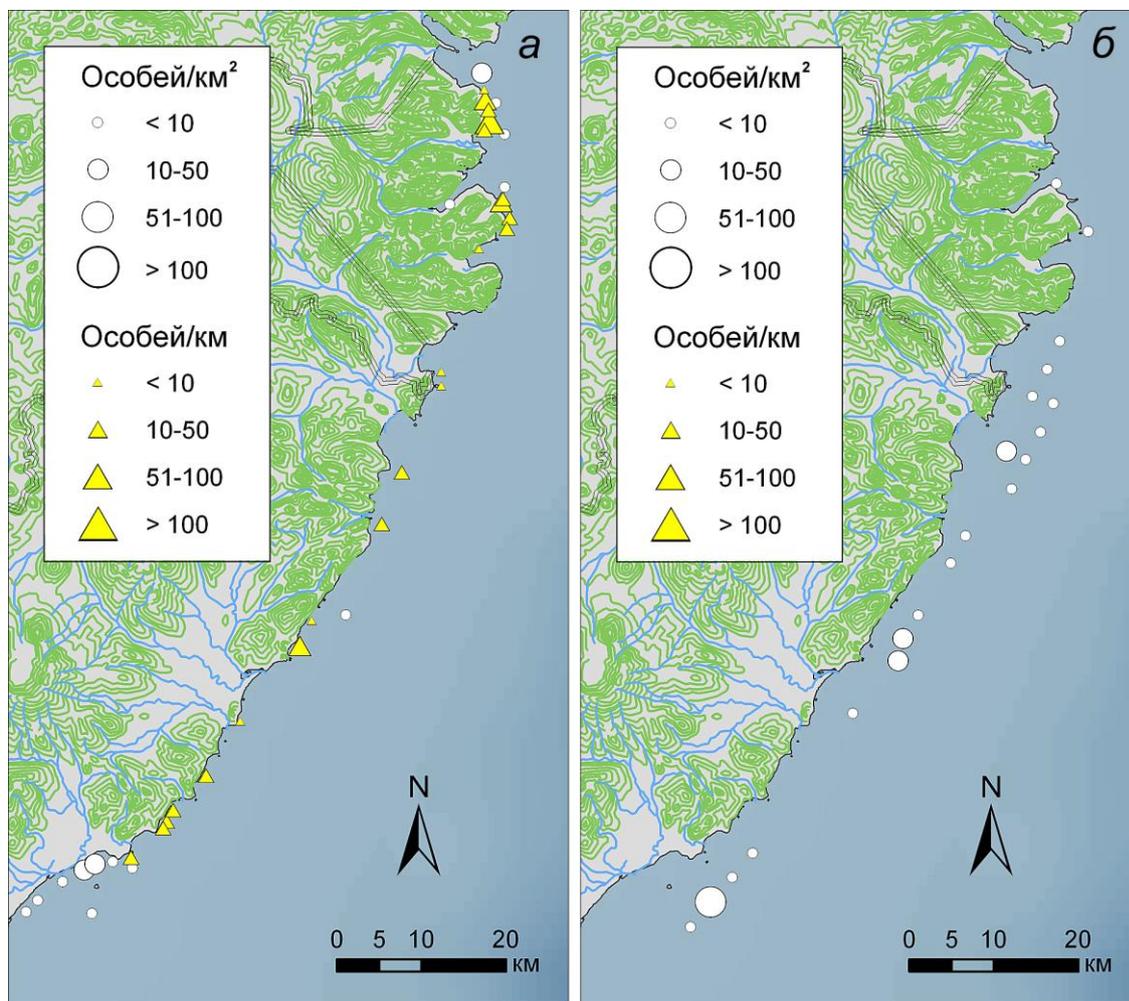


Рис. 3. Распределение и численность беринговых и краснолицых бакланов (а) и плосконосых и круглоносых плавунчиков (б) у побережья Южно-Камчатского природного парка по результатам трансектных (особей/км²) и вдольбереговых маршрутных (особей/км) учетов в 2016 и 2021 гг.

Fig. 3. Distribution and number of pelagic and red-faced cormorants (a) and red and red-necked phalaropes (b) near the South Kamchatka Nature Park coast according to the results of line transect (birds/km²) and alongshore (birds/km) counts in 2016 and 2021

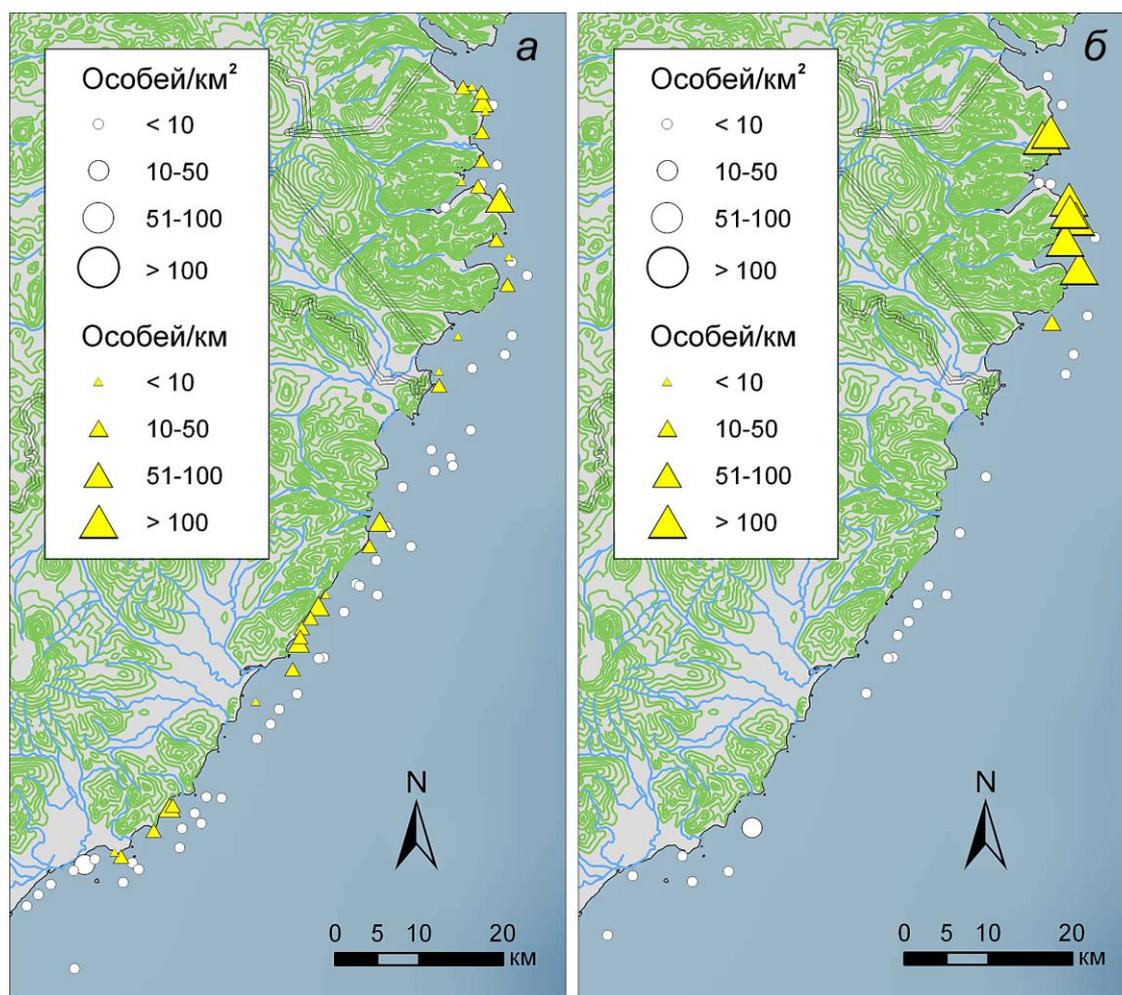


Рис. 4. Распределение и численность тихоокеанских чаек (а) и моевок (б) у побережья Южно-Камчатского природного парка по результатам трансектных (особей/км²) и вдольбереговых маршрутных (особей/км) учетов в 2016 и 2021 гг.

Fig. 4. Distribution and number of slaty-backed gulls (a) and black-legged kittiwakes (b) near the South Kamchatka Nature Park coast according to the results of line transect (birds/km²) and alongshore (birds/km) counts in 2016 and 2021

Судя по результатам вдольбереговых учетов, моевка является самым многочисленным обитателем прибрежной зоны (см. табл. 2). Это произошло вследствие образования массовых концентраций птиц на северном участке побережья (бух. Фальшивая – бух. Березовая) в связи с подходом на нерест косяков мойвы. Всего мы насчитали здесь 1 935 моевок в стаях от 30 до 400, в среднем 149 особей ($n = 13$). На остальных участках берега птиц нигде не было (рис. 4). На морских трансектах моевки встречались более или менее равномерно и в целом были малочисленными

(см. табл. 1). Учтены 48 особей, в основном поодиночке и только в 13,5% встреч в группах по 2–6 особей ($n = 37$). Летнее население моевок в районе исследований, как и везде на Камчатке [Лобков, 1986], включает значительное количество неразмножающихся птиц. Среди зарегистрированных на трансектах моевок 43,8% составляли молодые птицы прошлого года рождения ($n = 48$), а в береговых скоплениях их доля достигала 75,3% ($n = 89$).

Двух кочующих непополовозрелых серокрылых чаек наблюдали на трансектах 20 июля 2016 г. у м. Поворотного и 25 июня

2021 г. на траверзе бух. Асача (см. табл. 1). Следует ожидать, что в последнем месяце календарного года численность этого американского вида на юго-востоке Камчатки, включая рассматриваемую территорию, существенно увеличивается. По наблюдениям на м. Лопатка [Лобков, 2003], в третьей декаде августа там проходят активные кочевки вдоль морского берега, а в первой декаде сентября уже начинается массовый пролет.

Во время летних кочевок рассматриваемую акваторию изредка посещают также другие виды чаек, которые гнездятся к северу от континентальной части Камчатского края: в июле 2003 г. мы встретили здесь одиночных неполовозрелых особей восточносибирской чайки *Larus vegae* и бургомистра *Larus hyperboreus* [Артюхин, 2003].

Во время учетов зарегистрированы восемь видов чистиковых птиц. Самым обычным был топорок, которого в 2021 г. мы нашли на гнездовании в пяти пунктах побережья парка общим числом 452 пары [Артюхин, 2022]. Топорки встречались по всей площади обследованной акватории (рис. 5). В полосе морских учетов насчитали 712 особей со средней плотностью 6,0 особей/км², локальной – до 80,6 особей/км² (см. табл. 1). На вдольбереговых маршрутах на лодке и катере средняя численность вида составила 6,7 особи/км (см. табл. 2); всего мы учли 804 топорка по 1–200, в среднем 13 особей ($n = 61$). Сюда не входят птицы, зарегистрированные в гнездовых колониях. Судя по направлению трофических перелетов, к северу от м. Пиратков кормятся топорки с о. Старичков, а к югу – с Уташуда, где находятся крупные колонии этих птиц – 38,5 тыс. и до 10 тыс. пар соответственно [Зеленская, 2010; Вяткин, 2011].

Обычными были также тонкоклювая и толстоклювая кайры. На побережье парка эти птицы не гнездятся, но встречаются повсеместно на прилегающей акватории

(рис. 5). На трансектах насчитали 432 кайры обоих видов со средней плотностью распределения 3,7 особи/км² (см. табл. 1). Максимальное значение (155,6 особей/км² на 10-минутном интервале) отмечено вблизи о. Уташуд, где, по последним данным [Вяткин, 2011], размножаются 3–3,5 тыс. пар. На маршрутах вдоль берега средняя численность кайр составляла 1,3 особи/км (см. табл. 2), всего учтены 202 особи по 1–100, в среднем семь особей ($n = 30$). Как и топорки, кайры с Уташуда летают кормиться на север до м. Пиратков, а дальше уже концентрируются птицы с о. Старичков, где расположена колония численностью 5 тыс. пар [Зеленская, 2010].

Тихоокеанский чистик в 2021 г. гнезвился в девяти пунктах в количестве минимум 178 пар, в основном на территории северного кластера парка [Артюхин, 2022]. Кормовые биотопы этого вида в сезон размножения расположены в прибрежной зоне поблизости от колоний на расстоянии от нескольких сотен метров до 10 км [Gaston, Jones, 1998]. По этой причине на трансектах мы наблюдали его только изредка в 2016 г. там, где подходили близко к берегу (см. табл. 1). Всего встретили восемь особей по 1–3 за раз. На вдольбереговых маршрутах численность составила в среднем 0,5 особей/км (см. табл. 2), мы насчитали 50 чистиков по 1–14, в среднем четыре особи ($n = 14$). Большинство из них (46 особей) находились в северной части района между бух. Песчаной и м. Входным, и не исключено, что они прилетели сюда кормиться с сопредельной территории, например с о. Старичков, где гнездится до 300 пар этих птиц [Лобков, 2009; Зеленская, 2010]. Обращает на себя внимание сообщение о наблюдении 1 июня 2016 г. в бух. Русской пяти особей курильских чистиков *C. c. snowi* (Ståhl, Holmberg, 2016). Этот эндемичный островной подвид, харак-

теризующийся редукцией белого зеркала на крыле, заходит кромкой своего ареала на крайний юг полуострова, поэтому включен в Красную книгу Камчатского края [2018]. Мы наблюдали птиц с присущей данной форме окраской на Уташуде 11 июня 2009 г. (1 особь) и 26 июня 2021 г. (2 особи). Скорее всего, в поисках корма они вместе с другими гнездящимися на острове чистиками посещали близлежащие мелководья на побережье парка.

Еще один краснокнижный вид – длинноклювый пьжик – в районе исследований гнездится отдельными парами в приморской полосе ЮКПП. На море держится в основном в трехкилометровой прибрежной зоне [Вяткин, 1999], поэтому был учтен нами только при обследовании береговой линии в 2021 г. в северной части бух. Вестник (5 и 2 особи 26 и 27 июня соответственно) и в бух. Асача (2 особи 28 июня) со средней численностью менее 0,1 особи/км (см. табл. 2).

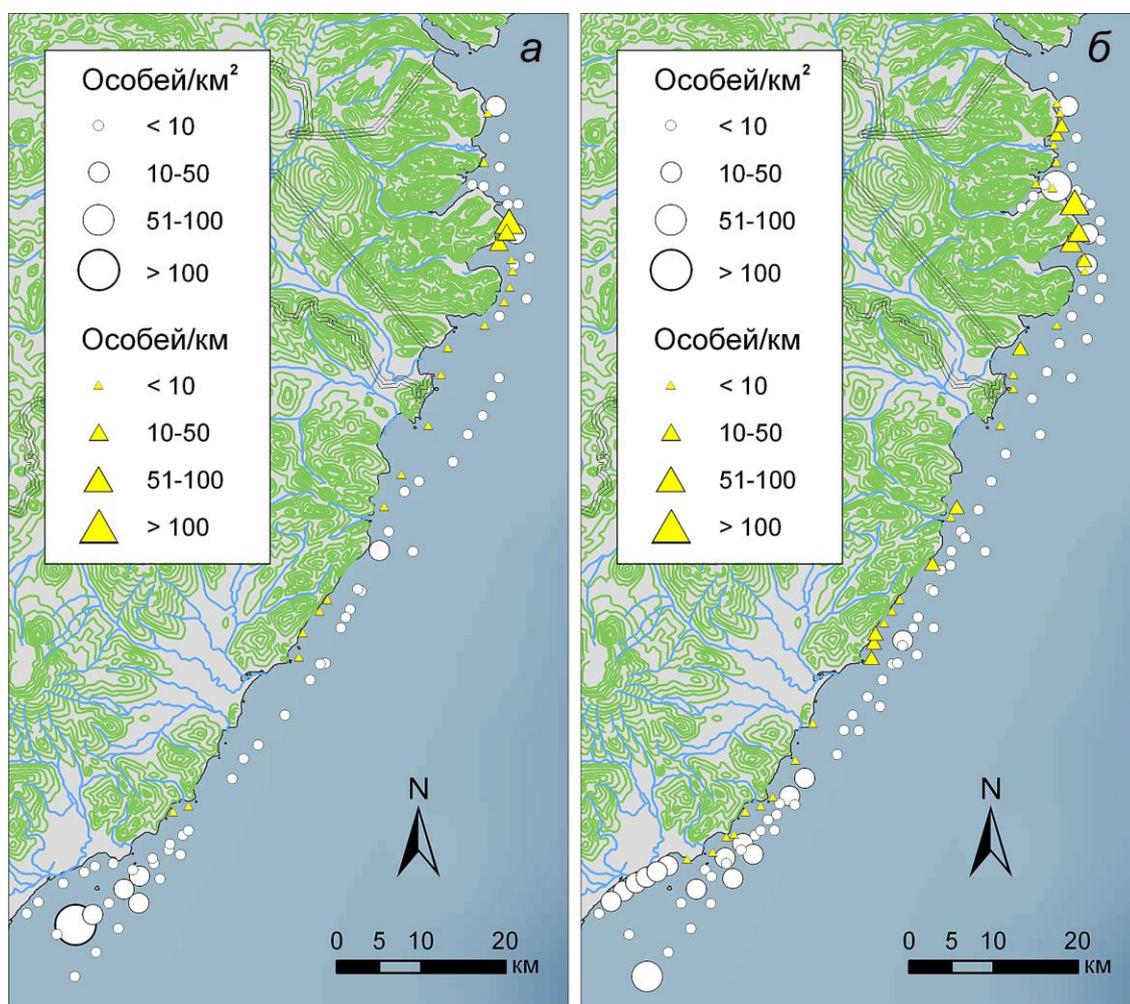


Рис. 5. Распределение и численность тонкоклювых и толстоклювых кайр (*a*) и топорков (*b*) у побережья Южно-Камчатского природного парка по результатам трансектных (особей/км²) и вдольбереговых маршрутных (особей/км) учетов в 2016 и 2021 гг.

Fig. 5. Distribution and number of common and thick-billed murres (*a*) and tufted puffins (*b*) near the South Kamchatka Nature Park coast according to the results of line transect (birds/km²) and alongshore (birds/km) counts in 2016 and 2021

Кроме того, мы регистрировали его в июне 2000 г. в бухтах Русской (2 и 3 особи), Лиственничной (1 особь) и Вестник (12 особей поодиночке и парами между Уташудом и берегом) [Артюхин, 2002]; в июне 2003 г. на трансекте между бух. Асача и м. Пиратков (2 особи) [Артюхин, 2003]. Крупнейшее скопление мы наблюдали с борта РШ «Гродно» во время работы в бух. Асача в середине дня 4 июля 2006 г., где в центральной части бухты одновременно наблюдали не менее 20 длинноклювых пыжиков, державшихся группами по 2–4 птицы, а на площади всей бухты их могло быть до 50 особей. Пыжики регулярно встречались вдоль берега 4 июля 2011 г. на переходе между бухтами Ходутка и Вестник: в полосе $0,3 \times 54,3$ км мы насчитали 13 особей (по 1–2) со средней плотностью распределения $0,8$ особей/км². В упомянутых выше бухтах длинноклювых пыжиков неоднократно наблюдали в летний период и другие исследователи [Вяткин, 1981, 1999; Collins, 2012, 2014; Ståhl, Holmberg, 2016; Talbot, Bizid, 2019].

Добавим, что на территории ЮКПП в бух. Русской находится самый южный в ареале очаг гнездования еще одного пыжика – короткоклювого *Brachyramphus brevirostris*, также занесенного в Красную книгу Камчатского края [2018]. В 2016 и 2021 гг. мы его здесь не видели, но регистрировали прежде наряду с другими наблюдателями [Collins, 2012, 2014; Artukhin et al., 2011; Ståhl, Holmberg, 2016].

Старик встречался преимущественно в южной части обследованной акватории в окрестностях о. Уташуд, где находится открытая в 2000 г. колония этого вида [Артюхин, 2001], в которой по последним оценкам насчитывается 3 тыс. пар [Вяткин, 2011]. На побережье ЮКПП его гнездование не установлено. На трансектах старик

был обычен, в полосе учетов зарегистрированы 168 особей со средней плотностью распределения $1,1$ особи/км², локальной – до $50,7$ особей/км² (см. табл. 1). Птицы держались в основном на плаву по 1–16, в среднем четыре особи ($n = 25$). Ближе к берегу на учетных маршрутах старики были редки (см. табл. 2), мы видели лишь шесть птиц по 1–3 особи.

Самый редкий гнездящийся в парке вид из морских колониальных птиц – ипатка – в 2021 г. найдена в количестве 12 пар в четырех пунктах на скалистых участках побережья [Артюхин, 2022]. Столь же редким он оказался на обследованной акватории. На учетных трансектах мы встретили всего шесть птиц по 1–2 особи со средней плотностью распределения менее $0,1$ особи/км² (см. табл. 1). На вдольбереговых маршрутах насчитали 26 ипатов со средней численностью $0,2$ особи/км (см. табл. 2) по 1–8, в среднем три особи ($n = 10$). В основном эти птицы кормились в прибрежье в районе бух. Песчаной и между мысами Ходжелайка и Желтым, где поблизости не было пригодных для размножения биотопов. Возможно, они были с о-вов Старичков и Уташуд, где регулярно гнездятся десятки пар ипатов [Лобков, 2009; Зеленская, 2010; Вяткин, 2011].

Большую конюгу во время учетов мы видели единственный раз: одиночку 27 июля 2016 г. у южной границы района исследований (см. табл. 1). Кроме того, на трансектных учетах с борта НИС «Георг Стеллер» мы наблюдали группу из шести особей 4 июня 2011 г. на траверзе бух. Кузачин, а П.С. Вяткин [1981] – восемь особей 11 августа 1972 г. напротив бух. Мутной. Ближайшие массовые колонии этого вида находятся в сотнях километров отсюда – к северу от о. Верхотурова в Карагинском заливе и к югу от о-вов Экарма и Чиринкотан на Средних Курилах [Renner et al.,

2017], поэтому на шельфе юго-восточной Камчатки большие конюги в заметном количестве появляются только во время сезонных миграций [Шунтов, 1998; Герасимов, 1999]. Вместе с тем в летние месяцы они не представляют редкости на этих широтах в открытых водах мористее 200-метровой изобаты [Шунтов, 1992]. Мы наблюдали кочующих больших конюг с борта РШ «Гродно» 25 июля 2006 г. на переходе над верхним краем материкового склона в 13–19 км от берега напротив участка бух. Березовая – бух. Жировая. На трансекте 0,3×34,3 км насчитали 135 конюг по 1–35, в среднем 12 особей ($n = 11$); средняя плотность их распределения составила 13,0 особей/км².

В заключение добавим, что в границах рассматриваемой акватории в летние месяцы были обнаружены еще два вида чистиковых птиц. Малую конюгу *Aethia rugtaea* в количестве пяти особей наблюдали 11 августа 1972 г. на участке между бухтами Асача и Мутной [Вяткин, 1981]; ближайшие гнездовья этого вида расположены на Командорских и Средних Курильских о-вах [Шунтов, 1998]. Мы зарегистрировали залет тупика-носорога *Cerorhinca monocerata* – вида с южно-бореальным типом ареала: находясь на борту теплохода «Профессор Хромов», 25 июня 2009 г. на выходе из бух. Русской (N52,467°; E158,552°) наблюдали одиночную сидящую на воде птицу. Это была третья по счету регистрация тупика-носорога в Камчатском регионе после находок на Командорах в начале 1880-х гг. и в прикомандорских водах Берингова моря в 1998 г. [Артюхин и др., 2000]. Еще один залет этого вида на юго-восточное побережье Камчатки был отмечен вблизи северной границы ЮКПП 8 июля 2018 г. у о. Старичков [Лобков и др., 2021; Е.Г. Лобков, личн. сообщ.].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам наших исследований и наблюдений других орнитологов, комплекс морских птиц, формирующийся в летний период в акватории вдоль побережья ЮКПП, включает 32 вида.

Наибольшим таксономическим разнообразием выделяются семейства: чистиковые Alcidae – 11 видов (34,4% всего состава), чайковые Laridae – пять видов (15,6%) и утиные Anatidae – четыре вида (12,5%).

Остальные систематические группы (гагаровые Gaviidae, альбатросовые Diomedeidae, буревестниковые Procellariidae, качурковые Hydrobatidae, баклановые Phalacrocoracidae, бекасовые Scolopacidae и поморниковые Stercorariidae) представлены 1–2 видами.

В населении птиц на более удаленных от суши учетных трансектах доминирующее положение по численности занимают в равных долях чистиковые и представители трех семейств трубконосых (по 42,9%), в то время как на маршрутах ближе к берегу – чайковые (61,5%) и чистиковые (23,0%).

Средняя плотность распределения птиц в прибрежье (25,5 особей/км²) на порядок выше, чем в сопредельных районах, расположенных мористее (4,9–6,5 особей/км²) [Шунтов, 1992]. Вместе с тем она почти вдвое ниже, чем на трансектных участках, выполненных нами в начале 2000-х гг., но с применением другой методики (45,1 особей/км²) [Артюхин, 2003].

В результатах учетов на трансектах наблюдается существенная межгодовая разница в суммарной численности птиц, которую обеспечили высокие показатели плотности распределения в 2016 г. у двух самых массовых видов – топорка и тонкоклювого буревестника (см. табл. 1).

Известно, что межгодовую динамику количественного населения птиц в значи-

тельной мере определяет состояние кормовой базы, которое зависит от флуктуаций океанографических и гидробиологических условий [Gould, Piatt, 1993; Шунтов, 1995, 1998]. Однако в нашем случае основной очевидной причиной стала месячная разница в сроках проведения учетов.

При наблюдениях в третьей декаде июня 2021 г. топорки были заняты насыщением кладок, а у буревестников миграция была еще совсем не выражена, в то время как в 2016 г., когда учеты проводили на месяц позже, топорки уже выкармливали потомство и постоянно курсировали по акватории с рыбой в клюве для птенцов, а буревестники массово летели на север вдоль юго-восточного побережья полуострова.

Вместе с тем мы не исключаем, что в 2021 г. в районе исследований наблюдалась задержка миграционного потока буревестников, так как в норме в тихоокеанских водах Камчатки они встречаются в больших количествах уже в конце июня – начале июля [Шунтов, 1992; Артюхин, 2003].

Площадь обследованной акватории от береговой линии до 100-метровой изобаты составляет примерно 1 280 км². Суммарная площадь выборки, охваченная трансектными учетами за два сезона работ, – 120,8 км² (9,4% всей площади). Общая численность населения птиц всех видов, вычисленная путем экстраполяции среднего значения плотности распределения (см. табл. 1) на всю площадь района исследований, равняется 32,7 тыс. особям.

Такой прямой метод расчетов предполагает равномерность распределения птиц по всей акватории, что не соответствует реальной ситуации. Однако принимая во внимание небольшую площадь района исследований, мы считаем его применение

вполне приемлемым для получения экспертной оценки численности.

Вместе с морскими и водоплавающими птицами, отмеченными при осмотре береговой черты, которые не попали в полосу трансектных учетов, оценка суммарной численности птиц на обследованной акватории составляет порядка 40 тыс. особей. Это значение сопоставимо с количеством морских птиц, гнездящихся в колониях на островах и побережье района исследований – более 43 тыс. особей (до 8,6 тыс. 6 видов на территории ЮКПП [Артюхин, 2022] и около 35 тыс. 13 видов на о. Уташуд [Вяткин, 2011]).

Однако население птиц на рассматриваемой акватории только на 60% состоит из видов, размножающихся в этом районе. Причем, судя по повышенным концентрациям самых обычных видов в северной части района, значительную лепту тут вносят птицы, населяющие о. Старичков, находящийся неподалеку за его границами.

Основу морского населения составляют восемь гнездящихся видов, численность которых на всей площади акватории превышает 1 тыс. особей (рис. 6). Остальные 40% приходятся на птиц, которые прибывают сюда из других регионов. В основном это мигрирующие из Южного полушария тонкоклювые буревестники, глупыши из колоний с сопредельных территорий и плавунчики на послегнездовых кочевках.

По мере завершения периода размножения в августе численность кочующих и мигрирующих видов, очевидно, будет нарастать, и в летнем населении района исследований все больше будут проявляться аспекты следующего сезона – осеннего, характерной особенностью которого является высокая миграционная активность морских птиц.

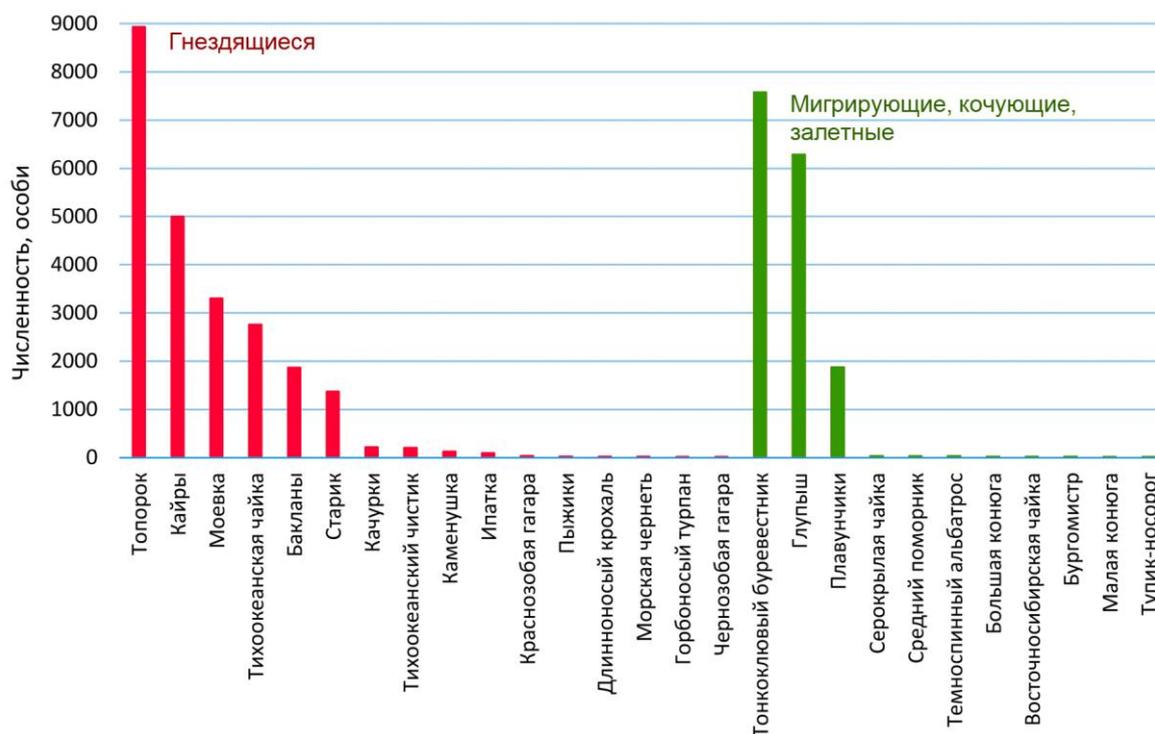


Рис. 6. Оценки численности морских птиц в прибрежных водах вдоль территории Южно-Камчатского природного парка в летний сезон

Fig. 6. Estimations of marine bird number in the coastal waters along the South Kamchatka Nature Park territory in summer season

ЛИТЕРАТУРА

- Артюхин Ю.Б. 1999. Кадастр колоний морских птиц Командорских островов. *Биология и охрана птиц Камчатки*. Москва: Диалог-МГУ. Вып. 1. С. 25–35, 139–144.
- Артюхин Ю.Б. 2001. О гнездовании старика *Synthliboramphus antiquus* на юго-восточном побережье Камчатки. *Русский орнитологический журнал*. Т. 10. № 163. С. 904–905.
- Артюхин Ю.Б. 2002. О распространении азиатского длинноклювого пыжика *Brachyramphus marmoratus perdix* на Южной Камчатке и Курильских островах. *Русский орнитологический журнал*. Т. 11. № 179. С. 234–236.
- 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. 2011а. Берингов баклан *Phalacrocorax pelagicus* Pallas, 1811. В кн.: Птицы России и сопредельных регионов. Пеликанообразные. Аистообразные. Фламингообразные. Москва: Товарищество научных зданий КМК. С. 100–115.
- Артюхин Ю.Б. 2011б. Краснолицый баклан *Phalacrocorax urile* (Gmelin, 1789). В кн.: Птицы России и сопредельных регионов. Пеликанообразные. Аистообразные. Фламингообразные. Москва: Товарищество научных изданий КМК. С. 115–123.
- Артюхин Ю.Б. 2022. Кадастр колоний морских птиц Южно-Камчатского природного парка. *Биология и охрана*

- птиц Камчатки*. Москва: Изд-во Центра охраны дикой природы. Вып. 14. С. 27–39.
- Артюхин Ю.Б., Герасимов Ю.Н., Лобков Е.Г. 2000. Класс Aves – Птицы. В кн.: Каталог позвоночных животных Камчатки и сопредельных морских акваторий. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 73–99.
- Артюхин Ю.Б., Трухин А.М., Корнев С.И., Пуртов С.Ю. 2001. Кадастр колоний морских птиц Курильских островов. *Биология и охрана птиц Камчатки*. Москва: Изд-во Центра охраны дикой природы. Вып. 3. С. 3–59.
- Атлас океанов: Тихий океан. 1974. Ленинград: Главное управление навигации и океанографии Министерства обороны СССР. 323 с.
- Батищева Н.А. 2008. Состав и распределение зоопланктона у юго-восточного побережья Камчатки весной 2006 г. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. 11. С. 42–46.
- Буслов А.В. 2008. Минтай восточного побережья Камчатки: современное состояние запасов и рекомендации по рациональной эксплуатации. *Известия ТИНРО*. Т. 152. С. 3–17.
- Вяткин П.С. 1981. Новые сведения о распространении морских птиц на побережьях Камчатки. *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. Т. 86. Вып. 4. С. 14–18.
- Вяткин П.С. 1986. Кадастр гнездовой колониальных птиц Камчатской области. В кн.: Морские птицы Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 20–36.
- Вяткин П.С. 1999. Распространение и численность длинноклювого пыжика *Brachyramphus marmoratus* на побережьях Камчатки. *Биология и охрана птиц Камчатки*. Москва: Диалог-МГУ. Вып. 1. С. 117–119.
- Вяткин П.С. 2000. Кадастр гнездовой колониальных морских птиц Корякского нагорья и восточного побережья Камчатки. *Биология и охрана птиц Камчатки*. Москва: Типография Россельхозакадемии. Вып. 2. С. 7–15.
- Вяткин П.С. 2008. Размещение и численность морских колониальных птиц на юге Камчатки. *Биология и охрана птиц Камчатки*. Москва: Изд-во Центра охраны дикой природы. Вып. 8. С. 12–17.
- Вяткин П.С. 2011. Морские колониальные птицы о. Уташуд (Юго-Восточная Камчатка). *Тезисы докладов XII международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 211–214.
- Герасимов Ю.Н. 1999. Наблюдения за весенней миграцией птиц в устье р. Ходутки (Юго-Восточная Камчатка). *Биология и охрана птиц Камчатки*. Москва: Диалог-МГУ. Вып. 1. С. 69–72.
- Зеленская Л.А. 2010. Морские птицы острова Старичков (Авачинский залив). *Биология и охрана птиц Камчатки*. Москва: Изд-во Центра охраны дикой природы. Вып. 9. С. 82–90.
- Зенкович В.П. (ред.). 1967. Берега Тихого океана. Москва: Наука. 376 с.
- Кондратюк В.И. 1974. Климат Камчатки. Москва: Гидрометеиздат. 204 с.
- Красная книга Камчатского края. Том 1. Животные. 2018. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 196 с.
- Лобков Е.Г. 1986. Гнездящиеся птицы Камчатки. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 304 с.
- Лобков Е.Г. 2003. Осенняя миграция водных и околоводных птиц на мысе Лопатка. *Биология и охрана птиц Кам-*

- чатки. Москва: Изд-во Центра охраны дикой природы. Вып. 5. С. 27–54.
- Лобков Е.Г. 2009. Фауна, население птиц и их роль в экосистеме острова Старичков. *Труды КФ ТИГ*. Вып. VIII. «Биота острова Старичков и прилегающей к нему акватории Авачинского залива». Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 280–340.
- Лобков Е.Г., Герасимов Ю.Н., Мосалов А.А., Коблик Е.А. 2021. Птицы Камчатки и Командорских островов. Полевой определитель. Москва: Перо. 422 с.
- Лоция Берингова моря. Ч. 1: Западная часть моря. 2004. Санкт-Петербург: Главное управление навигации и океанографии Министерства обороны РФ. 664 с.
- Марковец М.Ю. 2007. Ночной отлов птиц на острове Старичков. *Материалы VIII международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 153–154.
- Селиванова О.Н. 2002. Морские водоросли охраняемой прибрежной акватории Южно-Камчатского заказника. *Труды КФ ТИГ*. Вып. IV. «Флора и растительность Южной Камчатки: на примере Южно-Камчатского государственного заказника». Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 104–128.
- Токранов А.М. 2022. Состав прибрежной икhtiофауны юго-восточной Камчатки после вредоносного цветения водорослей осенью 2020 года. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 59. С. 38–48. DOI: 10.17217/2079-0333-2022-59-38-48.
- Шунтов В.П. 1972. Морские птицы и биологическая структура океана. Владивосток: Дальневосточное книжное изд-во. 378 с.
- Шунтов В.П. 1992. Летнее население морских птиц в тихоокеанских водах Камчатки и Курильских островов. *Зоологический журнал*. Т. 71. Вып. 11. С. 77–86.
- Шунтов В.П. 1995. Межгодовые изменения в летнем населении птиц северо-западной части Тихого океана. *Биология моря*. Т. 21. № 3. С. 165–174.
- 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 Y.B., Vyatkin P.S., Andreev A.V. et al. 2011. Status of the Kittlitz's murrelet *Brachyramphus brevirostris* in Russia. *Marine Ornithology*. Vol. 39. № 1. P. 23–33.
- Bergman S. 1935. Zur Kenntnis Nordostasiatischer Vögel. Ein Beitrag zur Systematik, Biologie und Verbreitung der Vögel Kamchatkas und der Kurilen. Stockholm: A. Bonniers Forlag. 268 p.
- Collins C. 2012. Birding in the Russian Far East. *Birding World*. Vol. 25. № 3. P. 108–123.
- Collins C. 2014. Kamchatka – Ring of Fire 29th May – 10th June 2014: Unpublished trip report. Bristol, UK: Wildwings. 16 p.
- Gaston A.J., Jones I.L. 1998. The auks: Alcidae. *Bird families of the world*. Vol. 4. Oxford, UK: Oxford University Press. P. 1–349.
- 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.
- Gould P.J., Piatt J.F. 1993. Seabirds of the central North Pacific. In: The status, ecology and conservation of marine birds of the North Pacific. Ottawa: Canadian Wildlife Service. P. 27–38.

- Hatch S.A., Gill V.A., Mulcahy D.M. 2010. Individual and colony-specific wintering areas of Pacific northern fulmars (*Fulmarus glacialis*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Vol. 67. P. 386–400. DOI: <https://doi.org/10.1139/F09-184>.
- Hatch S.A., Nettleship D.N. 1998. Northern fulmar (*Fulmarus glacialis*). *The birds of North America*. № 361. Philadelphia, PA: The Birds of North America, Inc. P. 1–32. DOI: <https://doi.org/10.2173/tbna.361.p>.
- Renner H.M., Walker L.R., Waythomas C.F. et al. 2017. Crevice-nesting auklets are early-successional species requiring disturbance to persist. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*. Vol. 49. № 4. P. 585–599. DOI: <https://doi.org/10.1657/AAAR0017-051>.
- Ståhl K., Holmberg R. 2016. Kamchatka, Commander Islands, Kuril Islands and Sakhalin Island 27 May – 8 June 2016: Unpublished trip report. URL: https://www.cloudbirders.com/be/download?filename=HOLMBERG_Russia_0506_2016.pdf.
- Talbot G., Bizid A. 2019. Russian East Coast Kamchatka, Commander Islands, Kuril Islands and Sakhalin 25th May – 10th June 2019: Unpubl. trip report. URL: https://www.cloudbirders.com/be/download?filename=TALBOT_Russia_0506_2019.pdf.
- Artukhin Yu.B. 1999. Cadaster of seabird colonies of the Commander Islands. *Biologiya i okhrana ptits Kamchatki (The Biology and Conservation of the Birds of Kamchatka)*. Moscow: Dialog-MGU. Vol. 1. P. 25–35, 139–144 (in Russian).
- Artukhin Yu.B. 2001. On breeding record of the ancient murrelet *Synthliboramphus antiquus* on southeastern coast of Kamchatka. *Russkiy ornitologicheskii zhurnal (The Russian Journal of Ornithology)*. Vol. 10. № 163. P. 904–905 (in Russian).
- Artukhin Yu.B. 2002. On the marbled murrelet *Brachyramphus marmoratus perdix* distribution through Kamchatka and Kuriles. *Russkiy ornitologicheskii zhurnal (The Russian Journal of Ornithology)*. Vol. 11. № 179. P. 234–236 (in Russian).
- Artukhin Yu.B. 2003. The distribution and abundance of seabirds during summer in coastal areas of South Kamchatka and Kurile Islands. *Biologiya i okhrana ptits Kamchatki (The Biology and Conservation of the birds of Kamchatka)*. Moscow: BCC Press. Vol. 5. P. 13–26 (in Russian).
- Artukhin Yu.B. 2011a. Pelagic cormorant *Phalacrocorax pelagicus* Pallas, 1811. In: Ptitsy Rossii i sopredel'nykh regionov. Pelikanoobraznye. Aistoobraznye. Flamingoobraznye (Birds of Russia and adjacent regions. Pelicaniformes. Ciconiiformes. Phoenicopteriformes). Moscow: KMK. P. 100–115 (in Russian).
- Artukhin Yu.B. 2011b. Red-faced cormorant *Phalacrocorax urile* (Gmelin, 1789). In: Ptitsy Rossii i sopredel'nykh regionov. Pelikanoobraznye. Aistoobraznye. Flamingoobraznye (Birds of Russia and adjacent regions. Pelicaniformes. Ciconiiformes. Phoenicopteriformes). Moscow: KMK. P. 115–123 (in Russian).
- Artukhin Yu.B. 2022. Catalog of seabird colonies of the South Kamchatka Nature Park. *Biologiya i okhrana ptits Kamchatki (The Biology and Conservation of the birds of Kamchatka)*. Moscow: BCC Press Publ. Vol. 14. P. 27–39 (in Russian).
- Artukhin Yu.B., Gerasimov Yu.N., Lobkov E.G. 2000. Class Aves – Birds. In: Catalog of vertebrates of Kamchatka and adjacent waters. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatskiy Pechatniy Dvor. P. 73–99 (in Russian).

REFERENCES

- Artukhin Yu.B., Trukhin A.M., Kornev S.I., Purtov S.Yu. 2001. Cadaster of seabird colonies of the Kurile Islands. *Biologiya i okhrana ptits Kamchatki (The Biology and Conservation of the birds of Kamchatka)*. Moscow: BCC Press. Vol. 3. P. 3–59 (in Russian).
- Atlas of the Oceans: Pacific Ocean. 1974. Leningrad: Glavnoe upravlenie navigatsii i okeanografii Ministerstva oborony SSSR. 323 p. (in Russian).
- Batishcheva N.A. 2008. Composition and distribution of zooplankton on southeast coast of Kamchatka in spring 2006. *Issledovaniya vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoy chasti Tikhogo okeana (The Researches of the Aquatic Biological Resources of Kamchatka and the Northwest Part of the Pacific Ocean)*. Vol. 11. P. 42–46 (in Russian).
- Buslov A.V. 2008. Walleye pollock of the Eastern Kamchatka coast: modern state of stock and recommendations for rational exploration. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 152. P. 3–17 (in Russian).
- Vyatkin P.S. 1981. New data of the distribution of seabirds on the shores of Kamchatka. *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel biologicheskii (Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological Series)*. Vol. 86. № 4. P. 14–18 (in Russian).
- Vyatkin P.S. 1986. Nest cadaster of colonial seabirds of Kamchatka. In: *Seabirds of the Far East*. Vladivostok: DVNTs AN SSSR. P. 20–36 (in Russian).
- Vyatkin P.S. 1999. Distribution and numbers of the marbled murrelet *Brachyramphus marmoratus* along the coasts of Kamchatka. *Biologiya i okhrana ptits Kamchatki (The Biology and Conservation of the birds of Kamchatka)*. Moscow: Dialog-MGU Publ. Vol. 1. P. 117–119 (in Russian).
- Vyatkin P.S. 2000. Nest cadaster of colonial seabirds of the coast of Koryak Highland and Eastern Kamchatka. *Biologiya i okhrana ptits Kamchatki (The Biology and Conservation of the Birds of Kamchatka)*. Moscow: Tipografiya Rossel'khozakademii Publ. Vol. 2. P. 7–15 (in Russian).
- Vyatkin P.S. 2008. Distribution and number of seabirds in South Kamchatka. *Biologiya i okhrana ptits Kamchatki (The Biology and Conservation of the birds of Kamchatka)*. Moscow: BCC Press Publ. Vol. 8. P. 12–17 (in Russian).
- Vyatkin P.S. 2011. Seabirds of the Utashud Island (South-Eastern Kamchatka). *Abstracts of XII international scientific conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 211–214 (in Russian).
- Gerasimov Yu.N. 1999. Observations of the spring migration of birds in the mouth of the Khodutka River (South-Eastern Kamchatka). *Biologiya i okhrana ptits Kamchatki (The Biology and Conservation of the Birds of Kamchatka)*. Moscow: Dialog-MGU Publ. Vol. 1. P. 69–72 (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).
- Zenkovich V.P., ed. 1967. *Shores of the Pacific Ocean*. Moscow: Nauka Publ. 376 p. (in Russian).
- Kondratyuk V.I. 1974. *Climate of Kamchatka*. Moscow: Gidrometeoizdat Publ. 204 p. (in Russian).
- Red Data Book of Kamchatskiy Krai. Vol. 1. *Animals*. 2018. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. 196 p. (in Russian).

- Lobkov E.G. 1986. Breeding birds of Kamchatka. Vladivostok: FESC AN SSSR Publ. 304 p. (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. 2009. Fauna, population of birds and their role in the ecosystem of Starichkov Island. *Trudy KF TIG (Proceedings of Kamchatka Branch of Pacific Institute of Geography, Far Eastern Division, Russian Academy of Sciences)*. Vol. VIII “Biota of Starichkov Island and adjacent waters of Avacha Gulf”. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 280–340 (in Russian).
- Lobkov E.G., Gerasimov Yu.N., Mosalov A.A., Koblik E.A. 2021. Birds of Kamchatka and the Commander Islands. Field guide. Moscow: Pero Publ. 422 p. (in Russian).
- The navigation directions of the Bering Sea. Part 1: Western part of the sea. 2004. St. Petersburg: Glavnoe upravlenie navigatsii i okeanografii Ministerstva oborony RF. 664 p. (in Russian).
- Markovets M.Yu. 2007. Night catching of seabirds on Starichkov Island (Avacha Gulf). *Materials of VIII international scientific conference “Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters”*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 153–154 (in Russian).
- Selivanova O.N. 2002. Marine algae of the protected coastal water area of the South Kamchatka Nature Reserve. *Trudy KF TIG (Proceedings of Kamchatka Branch of Pacific Institute of Geography, Far Eastern Division, Russian Academy of Sciences)*. Vol. IV. “The flora and vegetation cover of Southern Kamchatka: on example of the South Kamchatka Nature Reserve”. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatskiy Pechatniy Dvor. P. 104–128 (in Russian).
- Tokranov A.M. 2022. Composition of the coastal ichthyofauna of the South-Eastern Kamchatka after harmful algal bloom in autumn 2020. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 59. P. 38–48 (in Russian). DOI: 10.17217/2079-0333-2022-59-38-48.
- Shuntov V.P. 1972. Seabirds and biological structure of the ocean. Vladivostok: Dal’nevostochnoe knizhnoe izdatel’stvo. 378 p. (in Russian).
- Shuntov V.P. 1992. Summer population of seabirds on the Pacific waters around Kamchatka and the Kuril Islands. *Zoologicheskii zhurnal (Russian Journal of Zoology)*. Vol. 71. № 11. P. 77–86 (in Russian).
- Shuntov V.P. 1995. Interannual changes in summer abundance of birds in the North-Western Pacific. *Biologiya morya (Russian Journal of Marine Biology)*. Vol. 21. № 3. P. 165–174 (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 Y.B., Vyatkin P.S., Andreev A.V. et al. 2011. Status of the Kittlitz’s murrelet *Brachyramphus brevirostris* in Russia. *Marine Ornithology*. Vol. 39. № 1. P. 23–33.
- Bergman S. 1935. Zur Kenntnis Nordostasiatischer Vögel. Ein Beitrag zur Systematik, Biologie und Verbreitung der Vögel Kamchatkas und der Kurilen. Stockholm: A. Bonniers Forlag. 268 s.
- Collins C. 2012. Birding in the Russian Far East. *Birding World*. Vol. 25. № 3. P. 108–123.

- Collins C. 2014. Kamchatka – Ring of Fire 29th May – 10th June 2014: Unpublished trip report. Bristol, UK: Wildwings. 16 p.
- Gaston A.J., Jones I.L. 1998. The auks: Alcidae. *Bird families of the world*. Vol. 4. Oxford, UK: Oxford University Press. P. 1–349.
- 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.
- Gould P.J., Piatt J.F. 1993. Seabirds of the central North Pacific. In: The status, ecology and conservation of marine birds of the North Pacific. Ottawa: Canadian Wildlife Service. P. 27–38.
- Hatch S.A., Gill V.A., Mulcahy D.M. 2010. Individual and colony-specific wintering areas of Pacific northern fulmars (*Fulmarus glacialis*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Vol. 67. P. 386–400. DOI: <https://doi.org/10.1139/F09-184>.
- Hatch S.A., Nettleship D.N. 1998. Northern fulmar (*Fulmarus glacialis*). *The birds of North America*. № 361. Philadelphia, PA: The Birds of North America, Inc. P. 1–32. DOI: <https://doi.org/10.2173/tbna.361.p>.
- Renner H.M., Walker L.R., Waythomas C.F. et al. 2017. Crevice-nesting auklets are early-successional species requiring disturbance to persist. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*. Vol. 49. № 4. P. 585–599. DOI: <https://doi.org/10.1657/AAAR0017-051>.
- Ståhl K., Holmberg R. 2016. Kamchatka, Commander Islands, Kuril Islands and Sakhalin Island 27 May – 8 June 2016: Unpublished trip report. URL: https://www.cloudbirders.com/be/download?filename=HOLMBERG_Russia_0506_2016.pdf.
- Talbot G., Bizid A. 2019. Russian East Coast Kamchatka, Commander Islands, Kuril Islands and Sakhalin 25th May – 10th June 2019: Unpubl. trip report. URL: https://www.cloudbirders.com/be/download?filename=TALBOT_Russia_0506_2019.pdf.

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 Author ID: 6506525621; ORCID ID: 0000-0001-5881-8487.

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 Author ID: 6506525621; ORCID ID: 0000-0001-5881-8487.

**ПЕРВЫЙ ОПЫТ ОЦЕНКИ НА КАМЧАТКЕ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО
РАЗНООБРАЗИЯ, ОБИЛИЯ И БИОМАССЫ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ
(ПАУКОВ И НАСЕКОМЫХ) В ФОНОВЫХ БИОТОПАХ РЕЧНОЙ ПОЙМЫ
(НА ПРИМЕРЕ НИЗОВИЙ РЕКИ АВАЧИ)**

Лобков Е.Г.¹, Лобкова Л.Е.²

¹ Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35.

² Кроноцкий государственный природный биосферный заповедник, г. Елизово, Камчатский край, ул. Рябикова, 48.

Определены параметры сезонной динамики таксономического разнообразия, обилия (численности) и биомассы беспозвоночных животных (насекомых и пауков) на 10 разных по облику пробных площадях в фоновых наземных биотопах поймы в междуречье Авачи и Пиначевской в 2018 и 2020 гг. Максимальные показатели обилия беспозвоночных (от 200 экземпляров до 1 тысячи и более на один укос энтомологическим сачком) в разных биотопах приходились на разное время, но все укладываются в период с середины июня по середину октября, обычно с середины июля по август. В разных биотопах абсолютные значения разные. Биомасса беспозвоночных животных обычно непрерывно растет от мая к июлю, достигает максимума в конце июля или в первой половине августа и затем снижается до минимума к ноябрю с началом заморозков и перед первым снегопадом. Максимальные показатели биомассы беспозвоночных в расчете на 1 м² (в период пикового значения по каждому биотопу) составили в 2018 г. 0,033 – 0,097 г/м² (0,998 г – 2,9 г на один укос), среднее значение ($n = 10$) 0,049 г/м². В 2020 г. этот показатель оказался меньше. Среднее значение биомассы насекомых за два сезона в расчете на условный 1 м² речной поймы на изученном нами участке составил порядка 0,029 г. Преобладают среди беспозвоночных насекомые, но и пауки занимают существенную долю: по результатам кошени в 2018 г., соответственно 18% по обилию (численности) и 38% по биомассе.

Ключевые слова: беспозвоночные, биомасса, междуречье Авачи – Пиначевской, насекомые, пойма, обилие, пауки, численность.

**THE FIRST EXPERIENCE OF ASSESSING TAXONOMIC DIVERSITY,
ABUNDANCE AND BIOMASS OF INVERTEBRATES (SPIDERS AND INSECTS)
IN KAMCHATKA IN THE RIVER FLOODPLAIN BACKGROUND BIOTOPES
(ON THE EXAMPLE OF THE AVACHA RIVER LOWER REACHES)**

Lobkov E.G.¹, Lobkova L.E.²

¹ Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Klyuchevskaya Str. 35.

² Kronotsky State Nature Biosphere Reserve, Yelizovo, Kamchatka Territory, Ryabikova Str. 48.

The parameters of the seasonal dynamics of taxonomic diversity, abundance (number) and biomass of invertebrates (insects and spiders) on 10 different in appearance test areas in the background terrestrial biotopes of the floodplain in the interfluvium of the Avacha and Pinachevskaya Rivers in 2018 and 2020 were deter-

mined. The maximum indicators of invertebrates abundance (from 200 specimens to 1 thousand or more per oblique by entomological net) in different biotopes were observed at different periods, but all of them occurred in the period from mid-June to mid-October, usually from mid-July to August. The absolute values are various in different biotopes. The invertebrates biomass usually grows continuously from May to July, peaks in late July or the first half of August and then declines to a minimum by November with the onset of frost and before the first snowfall. The maximum invertebrates biomass per 1 m² (during the peak value for each biotope) in 2018 was 0.033 – 0.097 g / m² (0.998 g – 2.9 g per mowing), the average value ($n = 10$) was 0.049 g / m². This index was less in 2020. The average value of insect biomass for 2 seasons per conditional 1m² of the river floodplain in the studied area was about 0.029 g. Insects predominate among invertebrates, but spiders also occupy a significant part: 18% in abundance (number) and 38% in biomass, respectively, according to the results of mowing in 2018.

Key words: invertebrates, biomass, interfluvium of the Avacha and Pinachevskaya Rivers, insects, floodplain, abundance, spiders, number.

ВВЕДЕНИЕ

В питании лососевых рыб, особенно молоди тихоокеанских лососей, важную роль играют падающие в воду наземные беспозвоночные и летающие у поверхности воды имаго амфибиотических и наземных насекомых*. Об этом свидетельствуют исследования отечественных ученых, проведенные в разных регионах российского Дальнего Востока [Сынкова, 1951; Леванидов, Леванидова, 1957; Кохменко, 1970; Симонова, 1972; Введенская, Куренков, 1988; Тиллер, Введенская, 1988; Введенская, Травина, 2001; 2009; Леман, Чебанова, 2002; Чебанова, 2002; Введенская и др., 2004; Введенская, 2014а; б; Есин и др., 2009; Кузищин и др., 2015; и другие].

Американскими ихтиологами на примере Аляски разработана модель экосистемы лососевых рек, основанная на понимании того, что одна лишь продукция бентосных беспозвоночных не может определить продуктивность рыб. Модель предусматривает множественные источни-

ки поступления пищи для лососевых, и одним из главных источников признаются наземные беспозвоночные [Wipfli, Baxter, 2010]. Установлено, что «воздушные» беспозвоночные могут составлять более половины пищи, усваиваемой лососевыми рыбами в реке [Wipfli, 1997; Allan et al., 2003], причем особенно часто наземных беспозвоночных предпочитает молодь лососевых [Hunt, 1975; Baxter et al., 2005]. Аналогичные данные собраны на реках Северной Японии [Kawaguchi, Nakano, 2001; Nakano and Murakami, 2001].

В пресноводных экосистемах Камчатки в питании молоди лососевых рыб «воздушные», в том числе наземные насекомые, по разным данным, составляют в целом у молоди кунджи – до 88%, нерки – до 80%, у кижуча – до 84%, у симы – до 80%, у мальмы – до 69%, у микижи – до 52%, у хариуса – до 42% массы пищевого комка. Так, в содержимом 711 желудков, принадлежащих летней молоди кижуча и нерки из озера Дальнего и реки Лиственничной, 88% состава пищи были представлены именно имаго насекомых. На один желудок ($n = 631$ с имаго) в среднем приходилось 38,76 экземпляров взрослых насекомых средней массой 71,67 мг [Лобкова, Введенская, 2020].

* Для насекомых этой группы нередко в литературе употребляется термин «воздушные» насекомые, мы будем пользоваться этим термином, имея в виду, что речь идет о насекомых, летающих в стадии имаго и пассивно переносимых ветром.

Однако представления о видовом разнообразии «воздушных» насекомых, потребляемых молодью лососевых, остаются весьма ограниченными. Участие таких насекомых в питании рыбы до сих пор описывается общим указанием на «имаго насекомых» или «воздушные насекомые». Реже указывается на их принадлежность к наиболее характерным группам амфибиотических, совсем редко к группам наземных видов. Все это не дает достаточно представления о разнообразии важнейших объектов питания молоди лососевых и о роли «воздушных», в том числе наземных насекомых в оптимизации условий обитания лососевых рыб.

Вместе с тем недавние результаты анализа содержимого желудков молоди рыб из водоемов юго-восточной Камчатки свидетельствуют об их широком таксономическом разнообразии [Лобкова, 2017; Лобкова, Введенская, 2019; 2020]. В пище, прежде всего, кижуча и нерки идентифицировано 342 вида насекомых, принадлежащих 80 семействам из 14 отрядов, что составляет 17,7% от известного и 10,3% от прогнозируемого разнообразия энтомофауны Камчатки. Наиболее многочисленны представители семейства Chironomidae – 42,71% от общей численности имаго в желудках, далее по убыванию: Cicadellidae – 16,61%, Empididae – 6,94%, Parasitica – 5,85%, Trichoptera – 3,17%, Bibionidae – 2,75%, Psyllidae – 2,26%, Chloropidae – 1,99%, Sciaridae – 1,51%, Phoridae – 1,34%. Это – существенно новый результат для понимания разнообразия трофических отношений молоди лососевых рыб. При этом имаго, найденные в желудках молоди лососей, представляют практически весь спектр видового разнообразия и трофических связей насекомых поймы, участвующих в потреблении и разложении растительности, а также в регуля-

ции численности разных групп беспозвоночных. Так, фитофаги составили 25,68%, сапрофаги – 9,93%, хищники – 15,75%, паразиты – 28,76%, амфибионты – 17,1%, водные – 2,74% от общего видового состава [Лобкова, Введенская, 2020]. Все это свидетельствует о важности сохранения естественного облика приречных (и приозерных) природных комплексов во всем их разнообразии для надежного обеспечения питания молоди лососевых рыб [Лобкова, Введенская, 2020].

В результате мы пришли к пониманию необходимости начать работы по оценке современного состояния таксономического разнообразия, обилия и биомассы беспозвоночных, прежде всего, насекомых в прибрежных биотопах лососевых рек Камчатки. Такие данные можно рассматривать точкой отсчета для многолетнего мониторинга состояния энтомологического населения в регионе в связи с динамикой состояния природной среды. Тем более, что в печати все чаще появляется информация о негативных трендах общей численности и разнообразия насекомых и других членистоногих в разных регионах планеты [Вауо, Kris, 2019; Seibold et al., 2019; и другие]. Данные по продуктивности и запасам насекомых пойменных местообитаний, как потенциального пищевого ресурса молоди лососевых рыб, могут также помочь обосновать экономический эквивалент их ценности. И в перспективе разработать шкалу расчета ущерба биологическим ресурсам за трансформацию прибрежных сообществ, как среды обитания беспозвоночных, с позиции прямого уничтожения потенциальной кормовой базы лососевых рыб.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2018 и 2020 гг. в широкой части поймы при слия-

нии рек Авача и Пиначевская по темам НИР КамчатГТУ [Лобков и др., 2018; Лобков, Лобкова, 2020]. Фенологические наблюдения начинали с конца апреля, когда снеговой покров в поймах рек разрушался, и большая часть поверхности освобождалась от снега. Первые учеты кошением производили в конце мая, продолжали выполнять их до октября, включительно, и заканчивали с первым снегом или незадолго перед ним.

Закладка пробных площадей и описание их биотопического облика. В 2018 г. в пойме Авачи – Пиначевской выделили 10 наземных прибрежных местообитаний, отличающихся биотопическим обликом. В каждом местообитании обозначили постоянную пробную площадь, на которой в течение сезона проводили учеты наземных беспозвоночных один раз в две недели (каждый месяц по одному разу в первой и второй его половине), описывали растительный аспект, таксономическое разнообразие насекомых в учете и определяли их биомассу. Названия растений (латинские и русские) приняты по Каталогу флоры Камчатки [Якубов, Черныгина, 2004].

Биотопический облик пробных площадей:

1. *Разнотравный луг вдоль берега ключевого озера.* Пробная площадь расположена вдоль верхней кромки берега над озерной котловиной. Ближайшая к озеру часть луга представлена береговым уступом высотой 1 м, далее к воде – ровным лугом, заливаемым в период половодья. Дальняя от озера часть ограничена лесной дорогой и пойменным лесом из ольхи серой (*Alnus hirsuta*) и ивы удской (*Salix udensis*). В течение сезона аспект травяного покрова меняется с доминированием в разное время вейников (*Calamagrostis* sp.), одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*), кровохлебки (*Sanguisorba officinalis*), крестовника коноплелистного

(*Senecio cannabifolius*), хвощей (*Equisetum* sp.), кипрея (*Epilobium hornemannii*), тимофеевки (*Phleum* sp.), бодяка камчатского (*Cirsium kamtschaticum*), льнянки обыкновенной (*Linaria vulgaris*) и других видов.

2. *Высокотравный чозениевый лес в пойме р. Пиначевской.* Пробная площадь расположена под пологом высокоствольного леса из чозении (*Chosenia arbutifolia*) и ольхи серой, с участием ивы удской. Высота деревьев до 25–30 м. Кроны сомкнутые. Подлеска нет. До реки 18–20 м. В период паводка поверхность значительно увлажняется, а наиболее низкие участки рельефа заливаются водой. В травяном покрове доминируют хвощ зимующий (*Equisetum hyemale*), крапива плосколистная (*Urtica platyphylla*), лабазник камчатский (*Filipendula camtschatica*), вейник Лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorffii*), морковник лесной (*Anthriscus sylvestris*), дудник преломленный (*Angelica genuflexa*), страусник обыкновенный (*Matteuccia strathiopteris*) и другие виды.

3. *Смешанный пойменный лес у боковой протоки р. Пиначевской.* Пробная площадь расположена вдоль речной протоки под пологом леса из ольхи серой, ивы удской и березы плосколистной (белой) (*Betula platyphylla*). Высота деревьев 8–10 м. Кроны сомкнутые. Подлесок из шиповника тупоушкового (*Rosa amblyotis*) и таволги иволистной (*Spiraea salicifolia*). В половодье соседние низинные участки рельефа заливаются водой. В высокотравном пологом преобладают лабазник камчатский, вейник Лангсдорфа, чемерица острокопная (*Veratrum oxysepalum*), василистник малый (*Thalictrum minus*), крестовник коноплелистный, дудник преломленный и другие виды.

4. *Высокотравный ольхово-ивовый лес в пойме боковой протоки второго порядка р. Авачи.* Пробная площадь расположена под пологом леса из ольхи серой и ивы уд-

ской вблизи опушки и по соседству с влажным осоковым лугом. Высота деревьев до 8–12 м. Кроны сомкнутые. Подлеска нет. В период половодья грунт существенно увлажняется. В аспекте типичное для данной местности высокотравье с преобладанием вейника Лангсдорфа, лабазника камчатского, крестовника коноплелистного, дудника преломленного и других видов.

5. *Смешанный пойменный лес с черемухой у р. Авачи.* Пробная площадь расположена в 30 м от русла реки под пологом леса из ольхи серой, ивы удской, березы плосколистной (белой) и черемухи (*Padus avium*). Высота деревьев 8–15 м. Кроны сомкнутые. В период половодья площадка увлажняется и граничит с заливаемыми участками рельефа. Травяной покров с преобладанием лабазника камчатского, крапивы плосколистной, дудника преломленного, хвоща зимующего, вейника, с участием недоспелки камчатской (*Cacalia camtschatica*).

6. *Смешанный пойменный лес из березы плосколистной с участием ив разных видов.* Пробная площадь расположена в 50 м от ключевого озера и вытекающего из него ручья под пологом леса из березы плосколистной (белой), с участием ивы удской и ивы Шверина (*Salix schwerinii*). Высота деревьев 8–15 м. Кроны сомкнутые. Без подлеска. В травяном покрове преобладают вейник Лангсдорфа, лабазник камчатский, полынь пышная (*Artemisia opulenta*), дудник преломленный, василистник, волжанка двудомная (*Aruncus dioicus*), герань волосистоцветковая (*Geranium erianthum*) и другие виды.

7. *Высокотравный лес из каменной березы (Betula Ermanii).* Пробная площадь расположена вдоль верхней кромки высокого (20 м) берега одного из русел р. Авачи. Высота деревьев 12–20 м. Единично среди березового древостоя присутствуют береза плосколистная, тополь душистый

(*Populus suaveolens*) и ольха серая. Кроны сомкнутые. Подлесок из шиповника, единично боярышник зеленомякотный (*Crataegus chlorosarca*). В высокотравье лабазник камчатский, вейник Лангсдорфа, хвощи, орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum*), василистник, волжанка двудомная, недоспелка камчатская и др.

8. *Низкотравный лес из каменной березы.* Место рядом с предыдущей пробной площадью, но в 30–40 м от кромки берегового уступа русла р. Авачи. Высота деревьев 12–20 м. Единично среди каменно-березового древостоя присутствуют береза плосколистная и тополь душистый. Кроны сомкнутые. Подлесок из шиповника, жимолости голубой (*Lonicera caerulea*). Единично боярышник зеленомякотный. В травостое вейник, василистник, майник широколиственный (*Maianthemum dilatatum*) и другие виды.

9. *Кустарниковая пойма. Заросли шиповника тупоушикового.* Пробная площадь расположена в 30 м от боковой протоки р. Авачи. Густые заросли шиповника высотой до 1,5–2 м. Внутри кустов и между ними заросли вейника Лангсдорфа. На полянах разнотравье. Посреди кустарникового массива одиночное дерево боярышника. По соседству лес из березы плосколистной (белой).

10. *Кустарниковая пойма. Заросли таволги иволги.* Пробная площадь расположена между небольшим ключевым озером и боковой протокой р. Пиначевской. Густые (сомкнутые) заросли таволги высотой до 0,5–1,8 м. Посреди кустарникового массива одиночное дерево боярышника и молодая береза. По соседству смешанный пойменный лес. В травостое преобладает вейник Лангсдорфа.

В 2020 г. работы продолжили на четырех из 10 площадей, наиболее показательных и доступных в половодье (рис. 1). На них провели полный цикл учетных ра-

бот за сезон, аналогичный тому, что делали в 2018 г. Кроме того, в течение весны и лета 2020 г. время от времени обрабатывали еще три дополнительные пробные площади в разных биотопах. Старались, чтобы даты учетов в 2018 и 2020 гг. были календарно близки и максимально соответствовали аналогичным фазам фенологической обстановки в речной пойме. Это позволило оценить облик наземной прибрежной фауны и населения беспозвоночных животных в динамике за весну-лето-осень с учетом сезонной смены аспекта растительного покрова и сравнить данные за два сезона. Одновременно с описанием состояния растительного покрова фотографировали облик биотопа на площадке. Материалы хранятся в личных архивах исполнителей,

а подробные описания приведены в Отчетах о НИР КамчатГТУ [Лобков и др., 2018; Лобков, Лобкова, 2020].

Оценка таксономического разнообразия, обилия (численности) и биомассы беспозвоночных животных на пробных площадях. Отлов беспозвоночных на пробных площадях производили общепринятым для энтомологов способом – кошением энтомологическим сачком диаметром 46 см по траве и нависающих над ней ветвях. Один сеанс кошения состоял из 25 взмахов сачком с шириной захвата 130 см. Всякий раз обкашивали площадь $0,46 \text{ м} \times 1,30 \text{ м} \times 25 \text{ взмахов} = 14,95 \text{ м}^2$. Учетчиком всегда был Е.Г. Лобков, что обеспечивало преемственность методики (способа кошения).

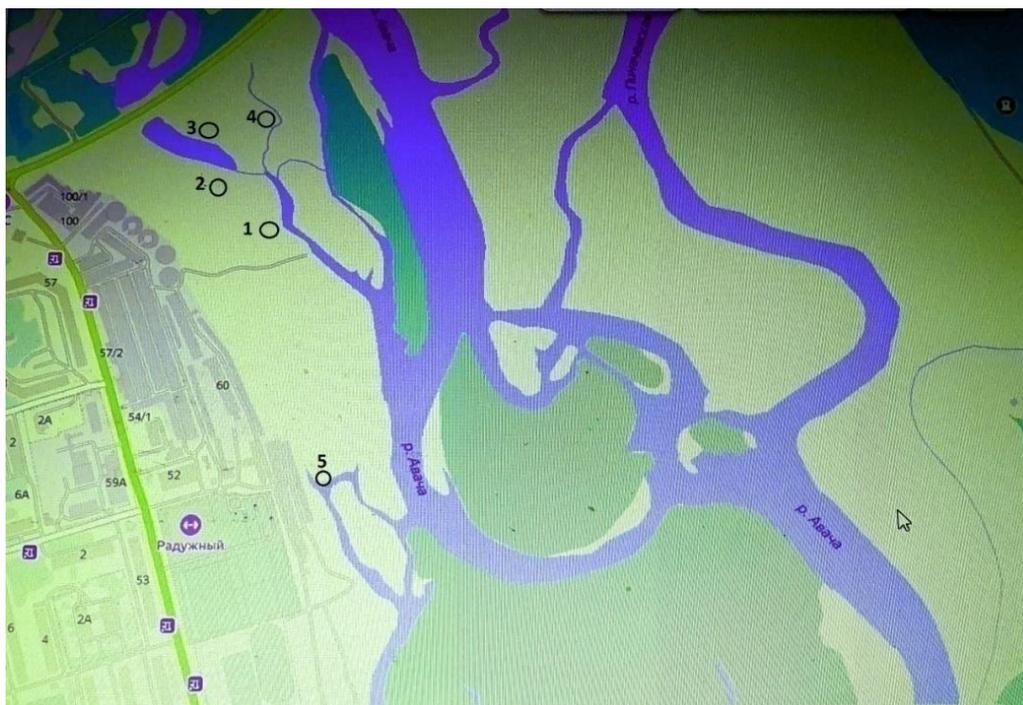


Рис. 1. Карта-схема района работ в низовье р. Авачи в 2020 г. Условные обозначения: 1 – пробная площадь «Шиповник» (в 2018 г. № 9); 2 – пробная площадь «Белоберезовый лес» (в 2018 г. № 6); 3 – пробная площадь «Луг» (в 2018 г. № 1); 4 – пробная площадь «Ольхово-ивовый лес» (в 2018 г. № 4); 5 – дополнительная пробная площадь у так называемого аквариума – в слиянии двух ключевых проток. Источник информации для копирования картосхемы: «Яндекс-карта»

Fig. 1. Map-scheme of the work area in the lower reaches of the Avacha River in 2020. Symbols: 1 – test area “Rosehip” (in 2018 No. 9); 2 – test area “White Birch Forest” (in 2018 No. 6); 3 – test area “Meadow” (in 2018 No. 1); 4 – test area “Alder-Willow Forest” (in 2018 No. 4); 5 – an additional test area at the so-called “aquarium” – at the confluence of two key ducts. Source of information for copying the mapscheme: “Yandex-map”

Всех собранных беспозвоночных (насекомых, пауков и клещей) выбирали из сачка эксгаустером, после чего усыпляли хлороформом в отдельной пробирке и помечали этикеткой. В камеральных условиях каждый из сборов взвешивали на электронных лабораторных весах ВМ (ВЕКБ. 404319.001 РЭ) с точностью до 0,001 г, затем распределяли по таксономическим группам (чаще до уровня отрядов, по возможности семейств, родов), некоторых до видов. Отдельно взвешивали наиболее представительные группы или отдельные крупные объекты (в обязательном порядке всех паукообразных и насекомых в отдельности). Каждую из выделенных групп пересчитывали по количеству экземпляров и суммировали общее число экземпляров на укос.

Определение таксономических групп насекомых проводила Л.Е. Лобкова. Сначала она делала это в полевых условиях в процессе отбора экземпляров эксгаустером из сачка, а потом уточняла при разборе пробы в камеральных условиях с использованием последних фаунистических сводок по насекомым российского Дальнего Востока [Определители насекомых Дальнего Востока СССР (Т. 1–3, 1986–1992) и России Т. 4–6, 1995–2006; Наездники-Паразиты, 2019], а также справочной коллекции насекомых Кроноцкого заповедника, сформированной с 1971 г. и насчитывающей более 900 видов, определенных ведущими энтомологами-систематиками страны. Большинство учетных сборов хранили на ватных матрасиках или в спирте для последующей более обстоятельной работы. Часть материала была отправлена специалистам в разные научно-исследовательские учреждения России в целях видовой идентификации трудноразличимых групп. Идентификацию части коллекции пауков произвела Е.Н. Ненашева (в то время аспирант КамчатГТУ) по сборам 2018 г.

Объем выполненных работ. В сезон 2018 г. мы отобрали кошением и обработали в камеральных условиях 110 проб беспозвоночных животных на 10 пробных площадях в период с 29 мая по 1 ноября, а в 2020 г. – 71 пробу на четырех пробных площадях в период с 20 мая по 28 октября и несколько проб на дополнительных площадях. Основной целью работ в 2018 г. было выяснить, насколько разными могут быть показатели таксономического разнообразия и обилия (численности) беспозвоночных в пойменных биотопах разного облика, а в 2020 г. – получить представление о том, насколько аналогичными могут быть данные за два разных сезона.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Обилие (количество экземпляров на один учетный укос) и биомасса беспозвоночных в прибрежных биотопах разного облика. *Общий таксономический облик фауны беспозвоночных в пойме Авачи и Пиначевской по результатам кошения, произведенного в разных по облику биотопах.* Всего в кошениях найдены представители трех классов беспозвоночных: паукообразных (Arachnida), клещей (Acarina) и насекомых (Insecta). Из насекомых идентифицированы минимум 201 вид, принадлежащие 14 отрядам из 22 известных на Камчатке: ногохвостки (Collembola), поденки (Ephemeroptera), веснянки (Plecoptera), стрекозы (Odonata), прямокрылые (Orthoptera), трипсы (Thysanoptera), равнокрылые хоботные (Homoptera), полужесткокрылые, или клопы (Heteroptera), жесткокрылые, или жуки (Coleoptera), сетчатокрылые (Neuroptera), ручейники (Trichoptera), чешуекрылые (Lepidoptera), перепончатокрылые (Hymenoptera), двукрылые (Diptera).

Среди пауков выделили минимум 22 вида, принадлежащих 10 семействам: Araneidae,

Clubionidae, Eutichiuridae, Linyphiidae, Lycosidae, Miturgidae, Philodromidae, Salticidae, Tetragnathidae, Thomisidae. Наибольшим видовым разнообразием отличались ликоиды.

Для каждого из выделенных нами биотопов характерно вполне своеобразное соотношение представителей разных отрядов беспозвоночных животных в динамике за лето. Но в целом таксономический состав фауны беспозвоночных в учетах на уровне отрядов, независимо от облика биотопа, примерно одинаковый. Пойма в этом отношении характеризуется как единый природный комплекс. Это наглядно проявляется, в частности, в синхронном появлении в учетах в разных местообитаниях, удаленных одно от другого, одних и тех же групп беспозвоночных (молодое поколение пауков, а из насекомых – появление и массовое развитие лимониид (Limoniidae), цикадок (Cicadellidae), в частности, дельфацид (Delphacinae) и представителей других групп.

Наибольшее таксономическое разнообразие – среди насекомых и пауков. Они доминируют во всех учетных сборах и биотопах. Все выделенные таксоны являются

обычными и характерными для Камчатки, и в целом облик таксономического разнообразия беспозвоночных в учетных сборах типичен для региона и отражает известные представления о его прибрежных (околоводных) сообществах. Вследствие большого объема информации проанализировать в данной статье материалы по таксономическому разнообразию учтенных беспозвоночных на уровне даже семейств, тем более родов и видов не представляется возможным: это предполагается сделать в последующих специальных публикациях.

Долевое соотношение насекомых в учетах по таксонам и по количеству экземпляров. На примере результатов 2020 г. В составе сборов на четырех пробных и дополнительных пробных площадях изучено 10 926 экземпляров насекомых. Преобладают: Двукрылые – 44,14%, Ногохвостки – 29,09%, Равнокрылые – 12,67%, Перепончатокрылые – 5,35%, Клопы – 4,45%, Жуки – 1,92%, Чешуекрылые – 1,31%. Представители остальных отрядов занимали менее 1% от общего количества собранных экземпляров (табл. 1).

Таблица 1. Распределение насекомых, собранных в 2020 г. кошением в пойме Авачи, по таксонам и по количеству экземпляров в каждом из них. Знак «?» означает, что в этой группе есть неопределенные до вида экземпляры

Table 1. Distribution of insects collected in 2020 by mowing in the Avacha floodplain, due to taxa and the number of specimens in each of them. The sign "?" means that there are undefined species in this group

Отряды насекомых	Число выделенных			% от общего числа экземпляров
	Семейств	Видов	Экземпляров	
Collembola – Ногохвостки	5	8+?	3 178	29,09
Plecoptera – Веснянки	3	8	27	0,25
Ephemeroptera – Поденки	1	4	4	0,04
Odonata – Стрекозы	1	2	3	
Orthoptera – Прямокрылые	1	1	1	0,01
Thysanoptera – Трипсы	1	1	76	0,71
Homoptera – Равнокрылые	7	47	1 389	12,67
Heteroptera – Клопы	7	22	486	4,45
Neuroptera – Сетчатокрылые	2	5	5	0,05
Coleoptera – Жуки	12	40	210	1,92
Hymenoptera – Перепончатокрылые	14	8+?	584	5,35
Trichoptera – Ручейники	1	1	1	0,01
Lepidoptera – Чешуекрылые	8	18	143	1,31
Diptera – Двукрылые	33	38+?	4 822	44,14
Всего	95	201	10 926	100

Из Равнокрылых преобладали дельфациды (265 экз.) и пенницы (Aphrophoridae) (246 экз.); из Полужесткокрылых наиболее часто встречались клопы-антокорисы (Anthocoridae) (275 экз.) и разнообразные слепняки (Miridae) (126 экз.); из Жуков больше всего было долгоносиков (Curculionidae) и пыльцеедов (Alleculinae из семейства чернотелок Tenebrionidae) (по 58 экз.); из Перепончатокрылых в каждом учете были наездники (Ichneumonidae) (375 экз.); из Двукрылых изобильны хирономиды (Chironomidae) (2 021 экз.), очень мелкие мухи до 1,5 мм (ближе неопределенные) (831 экз.), злаковые мухи (Chloropidae) (511 экз.), и толкунчики (Empididae) (157 экз.).

Видовое разнообразие отловленных насекомых, на наш взгляд, относительно невелико. Тому возможны несколько объяснений. В таких крупных отрядах насекомых как Ногохвостки, Перепончатокрылые и Двукрылые многие виды пока остаются неопределенными из-за методических трудностей их видовой идентификации, подготовки препаратов и необходимости в обстоятельных лабораторных исследованиях, требующих длительного времени, а также в связи со слабой изученностью камчатской энтомофауны и трудностями с поиском систематиков, готовых помочь с анализом материала. Таковы, например, Паразитические Перепончатокрылые (Parasitica), настоящие мухи (Muscidae), зеленушки (Dolichopodidae), толкунчики, толстоножки (Bibionidae), минирующие мухи (Agromyzidae) и другие группы. Кроме того, надо иметь в виду, что в учетные кошени сачком попадают, безусловно, не все виды насекомых, живущие в пойме. Многие представители таких групп, как веснянки, поденки, ручейники, земноводные комары-диксы (Dixidae), лимонииды, хирономиды, береговушки (Ephedridae) и другие держатся близ уреза воды вне наших

пробных площадей. Слабо представлены в наших учетных кошениях большинство очень подвижных бабочек (Lepidoptera), стрекоз, шмелей (Bombus, Apidae), пчелиных (Apoidea). По понятным причинам мало напочвенных видов насекомых, их отлов специально не производили.

Сезонная динамика обилия наземных беспозвоночных по результатам учетов в 10 разных по облику пойменных биотопах. В 2018 г. за один учет (одно кошение) мы выбирали из сачка от 15 до более 1 тысячи экземпляров беспозвоночных животных. Максимальные показатели (от 200 экземпляров до 1 тысячи и более) в разных биотопах приходились на разное время, но все укладываются в период с середины июня по середину октября, чаще с середины июля по август (табл. 2). Максимальные значения в разных биотопах – разные. При этом в одних биотопах максимальные показатели обилия беспозвоночных (число экземпляров на один учет) мы находили в течение короткого периода времени (один или два учета, следующих один за другим), в других такой период времени длился в течение двух и даже трех месяцев подряд.

Больше всего наземных беспозвоночных мы собирали на прибрежном разнотравном лугу, а также в пойменном высоко-травном чозениевом лесу и в прибрежных каменистых берегах. В одном укосе мы выделяли представителей от двух до девяти отрядов насекомых, а также пауков и клещей. Максимальное таксономическое разнообразие наземных беспозвоночных приходится на период с середины июля по август (от пяти до девяти отрядов насекомых + пауки и клещи). Таким образом, периоды максимального обилия беспозвоночных и их общего таксономического разнообразия совпадают. Общее таксономическое разнообразие беспозвоночных животных на уровне отрядов в разных биотопах пример-

но одно и то же. Относительно меньше оно лишь в кустарниковой пойме по сравнению с прибрежными лесами и лугом.

Сезонная динамика показателя биомассы наземных беспозвоночных в прибрежных местообитаниях в пойме Авачи и Пиначевской. Анализ сделан по данным за 2018 г., когда было отработано максимальное число пробных площадей. На примере большинства прибрежных биотопов динамика биомассы беспозвоночных в течение сезона по данным на один учетный укос (табл. 3) имеет одновершинный характер. Биомасса беспозвоночных непрерывно растет от мая к июлю, достигает максимума в конце июля (4 биотопа) или в первой половине августа (5 биотопов) и затем постепенно снижается до минимума к ноябрю с началом заморозков и перед первым снегопадом. В нескольких случаях, помимо одного, наибольшего максимума, отмечены и еще один-два всплеска

поменьше в связи с наличием каких-то единичных, но очень крупных насекомых, например крупных личинок пилильщиков или гусениц чешуекрылых. Если их не учитывать, то динамика биомассы в таких случаях также будет иметь хорошо выраженный, более или менее «равномерный» одновершинный характер. Наибольшие показатели биомассы беспозвоночных животных найдены во влажном пойменном лесу из чозении с высокотравьем. Они составили 2,495–2,9 г на один укос.

В большинстве биотопов максимальные показатели биомассы не достигали 2 г на один укос. Максимальные показатели биомассы наземных беспозвоночных животных в расчете на 1 м² (в период пикового значения по каждому биотопу) составили в пойме рек Авачи и Пиначевской в 2018 г. примерно 0,033–0,097 г/м² (0,998–2,9 г на один укос), среднее значение ($n = 10$) 0,049 г/м².

Таблица 2. Динамика обилия наземных беспозвоночных животных в учетных укосах в разных местообитаниях в течение летне-осеннего сезона 2018 г.

Table 2. Dynamics of the terrestrial invertebrates abundance in accounting mowings in different habitats during the summer-autumn season in 2018

Биотопы	Общее число беспозвоночных в укосе (экземпляры) по датам										
	29.05	14.06	26.06	10.07	27.07	10.08	22.08	12.09	27.09	11.10	01.11
1	48	58	72	200	~1000	>500	>200	>100	61	41	15
2	56	115	>150	126	>300	>300	>400	~200	~300	~200	93
3	49	82	129	148	260	185	160	140	120	86	28
4	47	75	90	>200	219	115	143	66	50	39	22
5	58	50	112	82	163	180	230	159	94	80	49
6	44	100	>170	>150	324	174	166	>170	123	73	20
7	68	269	224	~200	~200	270	134	~200	142	131	88
8	181	55	211	155	>150	300	250	~500	224	79	50
9	53	152	107	190	273	~150	209	275	~250	132	44
10	103	58	84	64	92	81	79	103	~200	80	82
11	71	101	135	151	298	225	197	191	156	94	49

Примечание. Условные обозначения: Биотопы: 1 – разнотравный луг; 2 – чозениевый лес; 3 – смешанный пойменный лес; 4 – высокотравный ольхово-ивовый лес; 5 – пойменный лес с черемухой; 6 – смешанный лес из плосколистной (белой) березы; 7 – высокотравный лес из каменной березы вдоль верхней кромки высокого речного берега; 8 – низкотравный лес из каменной березы; 9 – кустарниковая пойма с шиповником; 10 – кустарниковая пойма с таволгой иволистной; 11 – среднее арифметическое значение в день учета.

Note. Symbols: Biotopes: 1 – mixed grass meadow; 2 – chozen forest; 3 – mixed floodplain forest; 4 – high-grass alder-willow forest; 5 – floodplain forest with bird cherry; 6 – mixed forest of flat-leaved (white) birch; 7 – high-grass forest of stone birch along the upper edge of the high river bank; 8 – low-grass forest of stone birch; 9 – shrub floodplain with rosehip; 10 – shrub floodplain with willow-leaved meadowsweet; 11 – arithmetic mean on the accounting day

Таблица 3. Сезонная динамика показателя биомассы (г) наземных беспозвоночных животных в прибрежных местообитаниях в пойме рек Авачи и Пиначевской в 2018 г.

Table 3. Seasonal dynamics of the biomass index (g) of terrestrial invertebrates in coastal habitats in the floodplain of the Avacha and Pinachevskaya Rivers in 2018

Биотопы	Биомасса наземных беспозвоночных животных (г) по датам учета на один учетный укос сачком										
	29.05	14.06	26.06	10.07	27.07	10.08	22.08	12.09	27.09	11.10	1.11
Разнотравный луг	0,054	0,087	0,447	0,694	1,999	1,525	1,022	0,424	0,625	0,038	0,035
Лес из чозении	0,047	0,981	2,02	1,466	2,495	2,9	1,61	0,936	1,4	0,593	0,219
Смешанный пойменный лес	0,017	0,154	0,489	1,014	1,123	0,906	1,064	0,651	0,429	0,128	0,06
Высокотравный ольхово-ивовый лес	0,042	0,123	0,496	0,633	1,356	1,308	0,439	0,376	0,466	0,057	0,042
Ольхово-ивовый лес с черемухой	0,124	0,25	0,564	0,56	0,987	1,039	1,009	0,816	0,523	0,229	0,091
Лес из плосколистной (белой) березы	0,076	0,099	0,5	0,602	1,021	0,772	0,984	0,526	0,539	0,195	0,05
Каменно-березовый лес вдоль верхней кромки берега	0,198	0,191	0,806	0,821	0,942	0,998	0,796	1,369	0,486	0,399	0,224
Низкотравный каменноберезовый лес	0,217	0,303	0,217	0,548	0,772	1,825	1,265	0,577	0,45	0,209	0,162
Кустарниковая пойма с шиповником	0,089	0,295	0,298	0,77	1,113	0,877	1,315	0,767	1,454	0,191	0,124
Кустарниковая пойма с таволгой	0,115	0,274	0,765	0,397	0,757	1,168	0,527	0,57	0,332	0,111	0,084
Среднее значение	0,098	0,276	0,66	0,748	1,256	1,332	1,002	0,701	0,67	0,215	0,109

Обилие (количество экземпляров) и биомасса насекомых на четырех учетных площадках с разным биотопическим обликом в 2020 г. Наиболее урожайной в 2020 г. по биомассе насекомых оказалась пробная площадь с шиповником (табл. 4). Суммарно по 12 учетам на ней было выкошено 2 160 экземпляров насекомых общей биомассой 3,954 г. Максимумы отмечены 19 июня и 6 июля главным образом за счет разнообразных двукрылых. В среднем из 12 учетов биомасса насекомых в этом биотопе составила 0,329 г. Наибольшие значения приходятся на период цветения шиповника за счет разнообразных мух, кор-

мящихся на его цветах, затем этот показатель оставался небольшим – менее 0,222 г. На втором месте по показателям биомассы насекомых был разнотравный луг. В период цветения трав на лугу биомасса насекомых была сравнительно высокой довольно продолжительное время: с 6 июля по 1 сентября. В каждом учете в этот период времени показатель биомассы составлял 0,514–0,581 г с максимумом 18 июля – 0,603 г, главным образом за счет большого количества ногохвосток. Суммарно на лугу были собраны 1 921 особь насекомых общей биомассой 3,563 г. На площади в белоберезовом лесу в сумме по 12 учетам

мы собрали максимальное количество – 2 406 особей насекомых, но по биомассе они составили лишь 2,993 г с максимумами 6 июля и 6 августа. Наименьшая продуктивность оказалась в ольхово-ивовом лесу: суммарно по 12 учетам там было собрано 2 123 особи общей массой 1 541 г, с максимумом 18 июля 0,728 г, максимальное количество экземпляров здесь было учтено 8 июня – 378 особей насекомых.

Долевое участие пауков в оценке обилия беспозвоночных животных в прибрежных наземных местообитаниях в пойме рек Авачи и Пиначевской. В 2018 г. пауков учитывали в период с 26 июня по 1 ноября. По количеству экземпляров на один учет их доля (по отношению к численности всех беспозвоночных) в разных биотопах в среднем за лето составляла от 3,9% на разнотравном лугу до 31,0% в смешанном пойменном лесу, в среднем по 10 биотопам – 17,7% (табл. 5). При этом динамика их обилия демонстрирует относительно небольшое колебание в течение большей части лета и последующий рост в течение осени. Так, в период с конца июня, когда мы впервые начали подсчитывать количество пауков, до первой половины сентября их доля в учетных пробах (по количеству экземпляров) в разных биотопах колебалась от 10,8 до 19,4%. Тогда как с середины

сентября и в течение октября этот показатель увеличился до 20,3–64,1% (табл. 5). Значительное увеличение количества пауков в пробах к концу лета и в течение осени связано с массовым появлением особей их молодого поколения. С сентября именно молодые пауки преобладают в кошнях среди беспозвоночных этой группы.

Динамика биомассы пауков в течение сезона в разных биотопах. Практически весь период времени с 26 июня по 27 сентября 2018 г., пока мы учитывали пауков, их доля в общей биомассе беспозвоночных в укусах в целом по району наших исследований колебалась от 23,6 до 37,61% (табл. 6), демонстрируя относительно небольшие изменения. В середине октября показатель доли пауков немного увеличился (38,09%), но лишь к ноябрю резко взлетел вверх (69,46%). В ряде пойменных биотопов увеличение доли этой группы беспозвоночных в весовом отношении стало заметным уже в сентябре, но повсеместно и резко их доля возросла только в начале ноября. Резкое увеличение доли пауков в укусах в весовом отношении объясняется не столько реальным увеличением их биомассы, сколько снижением количества насекомых, которое происходит к концу октября и особенно к началу ноября с наступлением заморозков.

Таблица 4. Сезонная динамика участия насекомых в укусах на четырех пробных площадях в 2020 г. В числителе – показатели биомассы (г), в знаменателе – число экземпляров (экз.)

Table 4. Seasonal dynamics of insect participation in mowings on four test areas in 2020. Biomass indicators (g) are in the numerator, the number of specimens are in the denominator

Учетные Площадки	Биомасса (г) и обилие (экз.) выкошенных сачком насекомых. 2020 г.												Всего (г/экз.)
	20.05	08.06	19.06	06.07	18.07	06.08	19.08	01.09	13.09	01.10	15.10	28.10	
Шиповник	0,022 52	0,403 374	1,035 351	0,828 403	0,531 141	0,222 92	0,32 191	0,22 298	0,239 189	0,11 58	0,01 8	0,014 3	3,954 2160
Белоберезовый лес	0,086 25	0,332 264	0,267 145	0,353 529	0,292 204	0,478 321	0,31 319	0,22 314	0,18 134	0,195 101	0,196 25	0,084 25	2,993 2406
Разнотравный луг	0,047 57	0,082 47	0,161 33	0,534 202	0,603 754	0,402 340	0,466 145	0,581 136	0,239 39	0,118 101	0,218 33	0,112 34	3,563 1921
Ольхово-ивовый лес	0,039 24	0,3 378	0,494 157	0,448 184	0,728 147	0,506 74	0,315 111	0,111 202	0,041 161	0,048 60	0,069 26	0,067 17	2,123 1541
Средняя масса (г)	0,049	0,279	0,489	0,549	0,475	0,402	0,365	0,283	0,175	0,118	0,123	0,069	12,633
Среднее, экз.	39	266	171	329	311	207	191	237	130	89	23	20	8028

Таблица 5. Долевое соотношение обилия (число экземпляров) пауков в учетных пробах по отношению к числу всех беспозвоночных по датам учета 2018 г.

Table 5. Proportion of spiders abundance (number of specimens) in the accounting samples in relation to the number of all invertebrates due to accounting dates in 2018

Биотопы	Число беспозвоночных в укосе (экземпляры): в числителе общее число беспозвоночных, в знаменателе количество пауков										
	26.06	10.07	27.07	10.08	22.08	12.09	27.09	11.10	01.11	Всего экз.	%
1	<u>72</u> 6	<u>200</u> 8	<u>1 000</u> 15	<u>500</u> 9	<u>200</u> 7	<u>100</u> 8	<u>61</u> 6	<u>41</u> 11	<u>15</u> 8	<u>2 189</u> 85	3,9
2	<u>150</u> 38	<u>126</u> 40	<u>300</u> 27	<u>300</u> 53	<u>400</u> 40	<u>200</u> 35	<u>300</u> 80	<u>200</u> 60	<u>93</u> 63	<u>2 129</u> 436	20,5
3	<u>129</u> 36	<u>148</u> 45	<u>260</u> 40	<u>185</u> 42	<u>160</u> 34	<u>140</u> 75	<u>120</u> 59	<u>86</u> 42	<u>28</u> 16	<u>1 256</u> 389	31,0
4	<u>90</u> 12	<u>210</u> 21	<u>219</u> 26	<u>115</u> 29	<u>143</u> 22	<u>66</u> 16	<u>50</u> 30	<u>39</u> 15	<u>22</u> 19	<u>954</u> 190	19,9
5	<u>112</u> 20	<u>82</u> 33	<u>163</u> 20	<u>180</u> 44	<u>230</u> 28	<u>159</u> 28	<u>94</u> 40	<u>80</u> 23	<u>49</u> 20	<u>1 149</u> 256	22,3
6	<u>174</u> 24	<u>150</u> 25	<u>324</u> 33	<u>174</u> 24	<u>166</u> 16	<u>170</u> 51	<u>123</u> 54	<u>73</u> 26	<u>20</u> 14	<u>1 374</u> 267	19,4
7	<u>224</u> 19	<u>200</u> 20	<u>200</u> 21	<u>270</u> 21	<u>134</u> 26	<u>200</u> 34	<u>142</u> 20	<u>131</u> 42	<u>88</u> 57	<u>1 589</u> 260	16,4
8	<u>211</u> 24	<u>155</u> 24	<u>150</u> 13	<u>300</u> 35	<u>250</u> 26	<u>500</u> 38	<u>224</u> 74	<u>79</u> 24	<u>50</u> 39	<u>1 919</u> 297	15,5
9	<u>107</u> 6	<u>190</u> 31	<u>273</u> 25	<u>150</u> 31	<u>209</u> 24	<u>275</u> 7	<u>250</u> 67	<u>132</u> 32	<u>44</u> 30	<u>1 630</u> 253	15,5
10	<u>84</u> 39	<u>64</u> 12	<u>92</u> 19	<u>81</u> 14	<u>79</u> 5	<u>103</u> 26	<u>200</u> 34	<u>80</u> 44	<u>82</u> 45	<u>865</u> 238	27,5
11	<u>1 353</u> 224	<u>1 525</u> 259	<u>3 041</u> 239	<u>2 255</u> 302	<u>1 971</u> 228	<u>1 913</u> 318	<u>1 564</u> 464	<u>941</u> 319	<u>491</u> 311	<u>15 054</u> 2 671	17,7
12	17,8	19,4	10,8	16,3	11,95	20,3	32,31	35,1	64,1	19,18	

Примечание. Условные обозначения: 1 – разнотравный луг; 2 – чозениевый лес; 3 – смешанный пойменный лес; 4 – высокотравный ольхово-ивовый лес; 5 – пойменный лес с черемухой; 6 – лес из плосколистной (белой) березы; 7 – высокотравный лес из каменной березы вдоль верхней кромки высокого речного берега; 8 – низкотравный лес из каменной березы; 9 – кустарниковая пойма с шиповником; 10 – кустарниковая пойма с таволгой иволистой; 11 – суммарные данные на день учета; 12 – средняя доля в % с учетом средних по каждому биотопу.

Note. Symbols: 1 – mixed grass meadow; 2 – chozenii forest; 3 – mixed floodplain forest; 4 – high-grass alder-willow forest; 5 – floodplain forest with bird cherry; 6 – forest of flat-leaved (white) birch; 7 – high-grass forest of stone birch along the upper edge of the high river bank; 8 – low-grass forest of stone birch; 9 – shrubby floodplain with rosehip; 10 – shrubby floodplain with willow-leaved meadowsweet; 11 – total data on the day of accounting; 12 – average percentage taking into account the average indexes for each biotope

Таблица 6. Доля пауков (%) в динамике биомассы беспозвоночных по результатам учетов в 10 пойменных биотопах по датам (2018 г.)

Table 6. Part of spiders (%) in the dynamics of invertebrate biomass according to the results of accounting in 10 floodplain biotopes by date (2018)

Биотоп	Доля биомассы пауков в укосе (%) по датам учета									
	26.06	10.07	27.07	10.08	22.08	12.09	27.09	11.10	01.11	
1	11,86	19,45	11,76	15,8	4,21	38,91	1,76	34,21	82,86	
2	10,49	34,72	34,03	38,65	32,73	25,32	29,28	42,49	52,97	
3	64,42	34,71	52,45	46,47	45,02	43,47	55,24	32,03	75,0	
4	36,1	28,6	38,05	49,16	43,96	48,4	76,61	26,32	73,81	

Окончание табл. 6

Биотоп	Доля биомассы пауков в укосе (%) по датам учета								
	26.06	10.07	27.07	10.08	22.08	12.09	27.09	11.10	01.11
5	13,12	49,64	29,3	42,35	30,23	24,26	22,56	35,81	39,56
6	10,8	44,68	28,7	25,65	15,85	32,7	34,69	44,61	80,0
7	33,87	29,6	26,1	41,28	65,83	38,57	40,74	38,35	69,2
8	15,2	18,98	30,57	69,86	74,86	42,81	38,89	28,71	81,48
9	10,4	31,17	24,26	31,47	44,18	13,3	33,42	33,51	79,03
10	30,2	28,97	27,87	13,95	19,16	34,91	42,47	64,8	60,71
11	23,6	32,05	30,31	37,46	37,6	34,26	37,61	38,09	69,46

Примечание. Условные обозначения: 1 – разнотравный луг; 2 – козениевый лес; 3 – смешанный пойменный лес; 4 – высокотравный ольхово-ивовый лес; 5 – пойменный лес с черемухой; 6 – смешанный лес из плосколистной (белой) березы; 7 – высокотравный лес из каменной березы вдоль верхней кромки высокого речного берега; 8 – низкотравный лес из каменной березы; 9 – кустарниковая пойма с шиповником; 10 – кустарниковая пойма с таволгой иволистной; 11 – средняя доля в % по дате с учетом средних по каждому биотопу

Note. Symbols: 1 – mixed grass meadow; 2 – chozenii forest; 3 – mixed floodplain forest; 4 – high-grass alder-willow forest; 5 – floodplain forest with bird cherry; 6 – mixed forest of flat-leaved (white) birch; 7 – high-grass forest of stone birch along the upper edge of the high river bank; 8 – low-grass forest of stone birch; 9 – shrubby floodplain with rosehip; 10 – shrubby floodplain with willow-leaved meadowsweet; 11 – average percentage by date taking into account the average indexes for each biotope

Самые высокие показатели биомассы пауков в целом за лето мы нашли в смешанном пойменном лесу (49,87%) и в высокотравном ольхово-ивовом лесу без подлеска (46,78%), чуть меньше (44,6 и 42,62%) – в каменноберезовых лесах. Самый низкий показатель (24,53%) оказался на разнотравном лугу. В остальных биотопах среднее за лето значение долевого участия пауков в биомассе беспозвоночных составило 31,87–35,89 %. В ноябре доля пауков по весу в отдельных укосах достигала 80–82%.

Таким образом, пауки занимают существенную долю среди беспозвоночных в пойменных биотопах низовий рек Авачи и Пиначевской: по результатам кошения в 2018 г. соответственно 18% по обилию (численности) и 38% по биомассе.

Сравнение показателей обилия и биомассы насекомых на одних и тех же пробных площадках в разные сезоны. Учеты кошением в 2018 и 2020 гг. произведены на одних и тех же учетных площадках в близкие один к другому календарные дни и в условиях схожей фенологической обстановки. В 2020 г. (табл. 7) средняя биомасса насеко-

мых травяного яруса в расчете на 1 учет (в среднем по 12 учетам один раз в 15 дней, начиная с 20 мая до 28 октября) составила 0,277 г, что на 47% меньше (0,588 г/1 учет), чем в 2018 г. Средний максимум 6 июля 2020 г. (0,54 г) составил лишь 39,4% от его значений 27 июля 2018 г. (1,37 г).

Если сравнивать пиковые значения биомассы насекомых, максимум 19 июня 2020 г. (1,035 г) в кустарниковой пойме с шиповником и 27 июля 2018 г. (1,999 г) на разнотравном лугу, то показатель биомассы в 2020 г. составил лишь 51,7% от аналогичного показателя в 2018 г., то есть почти в два раза меньше. Такая тенденция прослеживается по каждому из биотопов в отдельности, что наглядно иллюстрируют рисунки 2–9.

Картину разницы в показателях биомассы насекомых в 2018 и 2020 гг. наглядно отражает итоговая диаграмма сезонной динамики средних значений биомассы по итогам учетов на всех четырех постоянных пробных площадках (рис. 10). Однозначно: значения биомассы насекомых в каждом из биотопов и в речной пойме в целом в 2020 г. оказались как минимум в два раза меньше, чем в 2018 г.

Таблица 7. Средние показатели массы (г) и количества экземпляров насекомых в расчете на 1 укос в 2018 и 2020 гг. по 4 пробным площадям

Table 7. Average indexes of weight (g) and insect specimen number per 1 mowing in 2018 and 2020 on 4 test areas

Учетные площади	В среднем в одном учете (n = 12)			
	Масса (г)		Экземпляры	
	2020 г.	2018 г.	2020 г.	2018 г.
Кустарниковая пойма с шиповником	0,329	0,707	180	171
Лес из плосколистной (белой) березы	0,249	0,516	200	139
Разнотравный луг	0,267	0,652	139	203
Высокотравный ольхово-ивовый лес	0,264	0,479	128	99
Средняя за год по 4 площадям в одном учете	0,277	0,588	162	153
Данные по 2020 г. в % от 2018 г	47,12	100	106	100

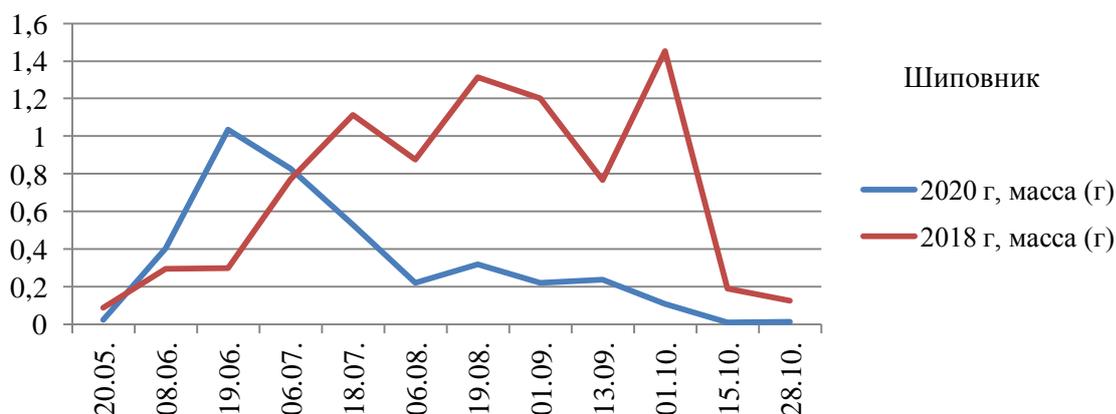


Рис. 2. Сезонная динамика биомассы (г) насекомых в 2018 и 2020 годах по датам кошений на пробной площадке «Кустарниковая пойма. Заросли шиповника». Условно: «Шиповник»

Fig. 2. Seasonal dynamics of insects biomass (g) in 2018 and 2020 due to the mowing dates in the test area “Shrub floodplain. Thickets of rose hips”. Conventionally: “Rosehip”

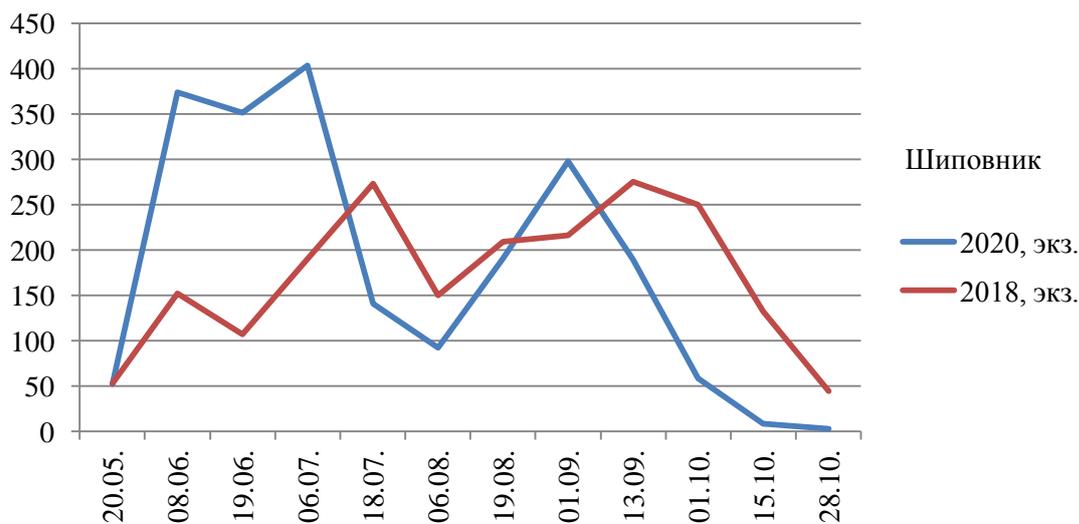


Рис. 3. Сезонная динамика численности насекомых в 2018 и 2020 годах по датам кошений на пробной площадке «Кустарниковая пойма. Заросли шиповника». Условно: «Шиповник»

Fig. 3. Seasonal dynamics of insects number in 2018 and 2020 due to the mowing dates in the test area “Shrub floodplain. Thickets of rose hips”. Conventionally: “Rosehip”

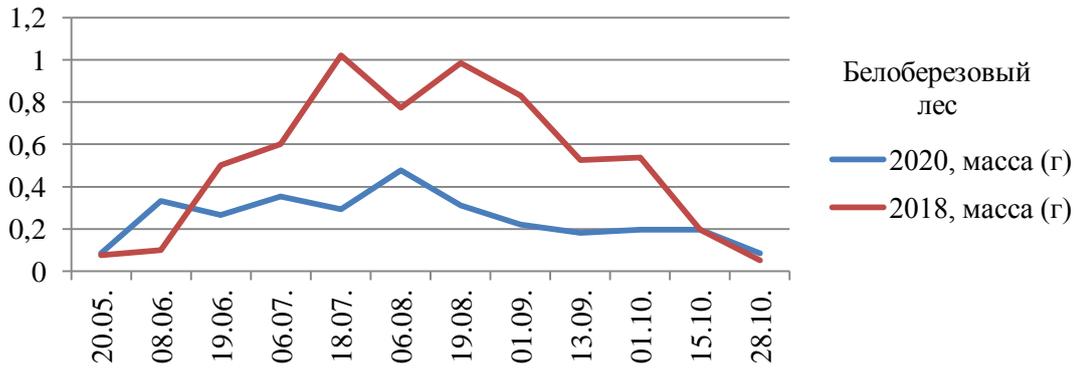


Рис. 4. Сезонная динамика биомассы (г) насекомых в 2018 и 2020 годах по датам кошений на пробной площади «Смешанный лес из плосколистной (белой) березы». Условно – «Белоберезовый лес»

Fig. 4. Seasonal dynamics of insects biomass (g) in 2018 and 2020 due to the mowing dates in the test area “Mixed forest of flat-leaved (white) birch”. Conventionally – “White Birch Forest”

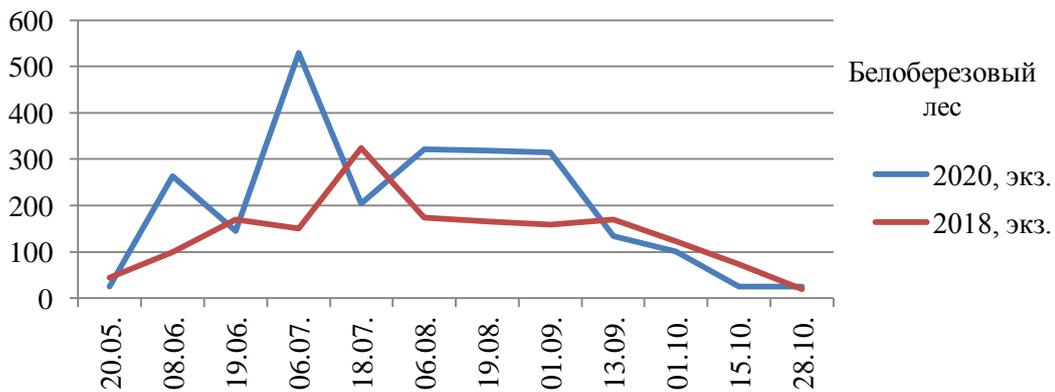


Рис. 5. Сезонная динамика численности насекомых в 2018 и 2020 годах по датам кошений на пробной площади «Смешанный лес из плосколистной (белой) березы». Условно – «Белоберезовый лес»

Fig. 5. Seasonal dynamics of insects number in 2018 and 2020 due to the mowing dates in the test area “Mixed forest of flat-leaved (white) birch”. Conventionally – “White Birch Forest”

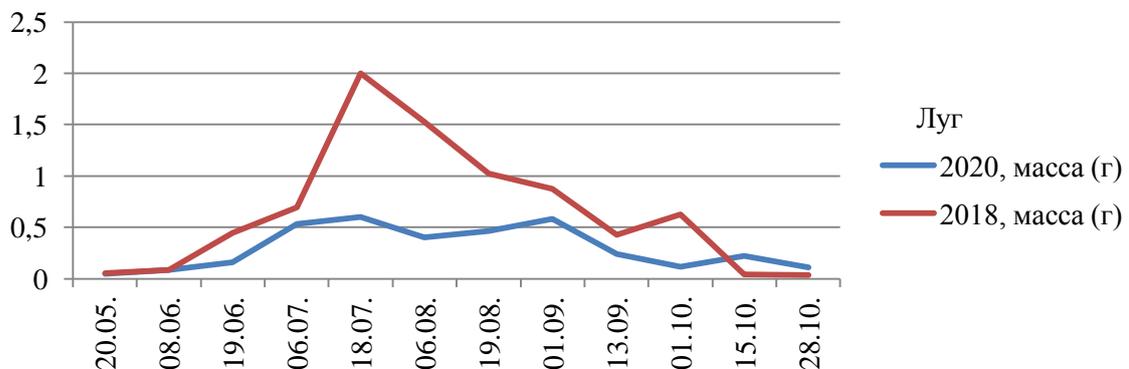


Рис. 6. Сезонная динамика биомассы (г) насекомых в 2018 и 2020 годах по датам кошений на пробной площади «Разнотравный луг». Условно – «Луг»

Fig. 6. Seasonal dynamics of insects biomass (g) in 2018 and 2020 due to the mowing dates in the test area “Variegated meadow”. Conventionally – “Meadow”

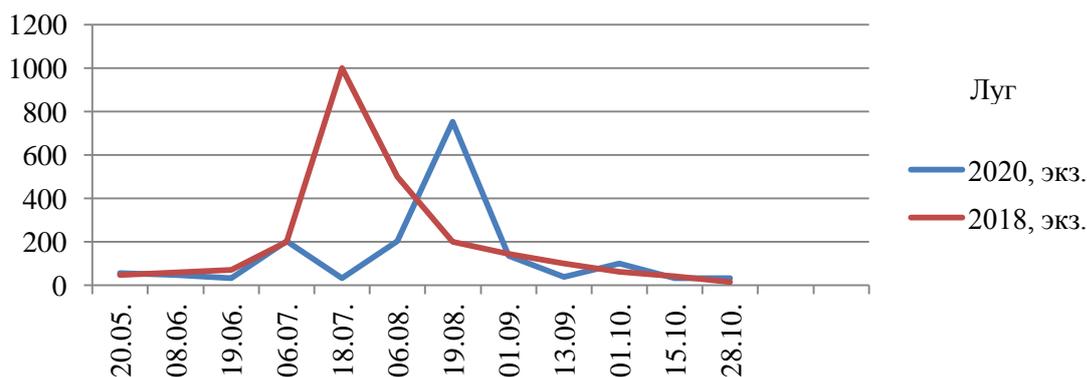


Рис. 7. Сезонная динамика численности насекомых в 2018 и 2020 годах по датам кошений сачком на пробной площади «Разнотравный луг». Условно – «Луг»

Fig. 7. Seasonal dynamics of insects number in 2018 and 2020 due to the mowing dates in the test area “Variegated meadow”. Conventionally – “Meadow”

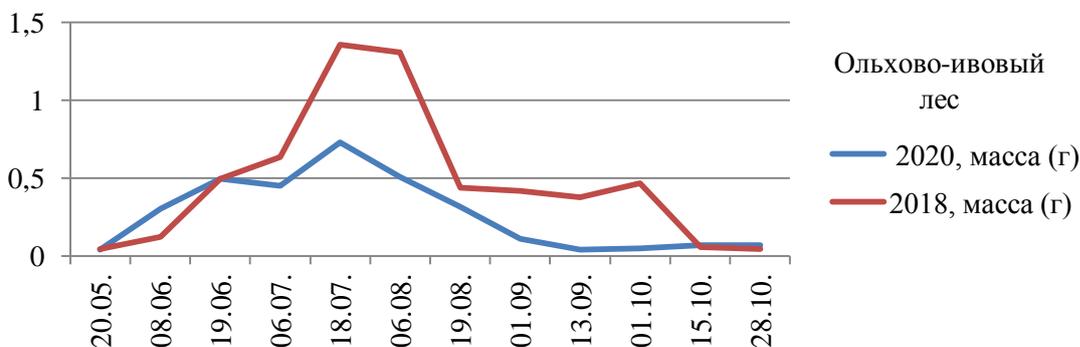


Рис. 8. Сезонная динамика биомассы (г) насекомых в 2018 и 2020 годах по датам кошений на пробной площади «Высокотравный ольхово-ивовый». Условно – «Ольхово-ивовый лес»

Fig. 8. Seasonal dynamics of insects biomass (g) in 2018 and 2020 due to the mowing dates in the test area “High-grass alder-willow”. Conventionally – “Alder-willow forest”

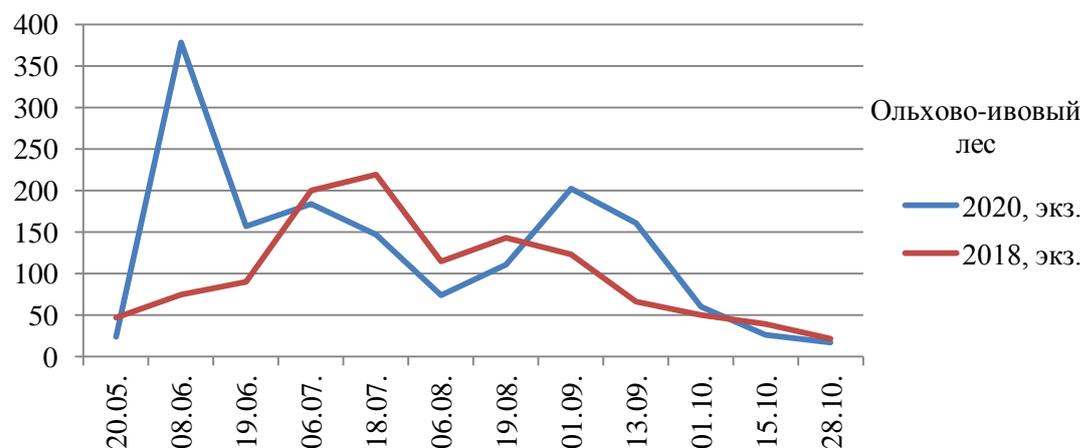


Рис. 9. Сезонная динамика численности насекомых в 2018 и 2020 годах по датам кошений сачком на пробной площади «Высокотравный ольхово-ивовый лес». Условно – «Ольхово-ивовый лес»

Fig. 9. Seasonal dynamics of insects number in 2018 and 2020 due to the mowing dates in the test area “High-grass alder-willow”. Conventionally – “Alder-willow forest”

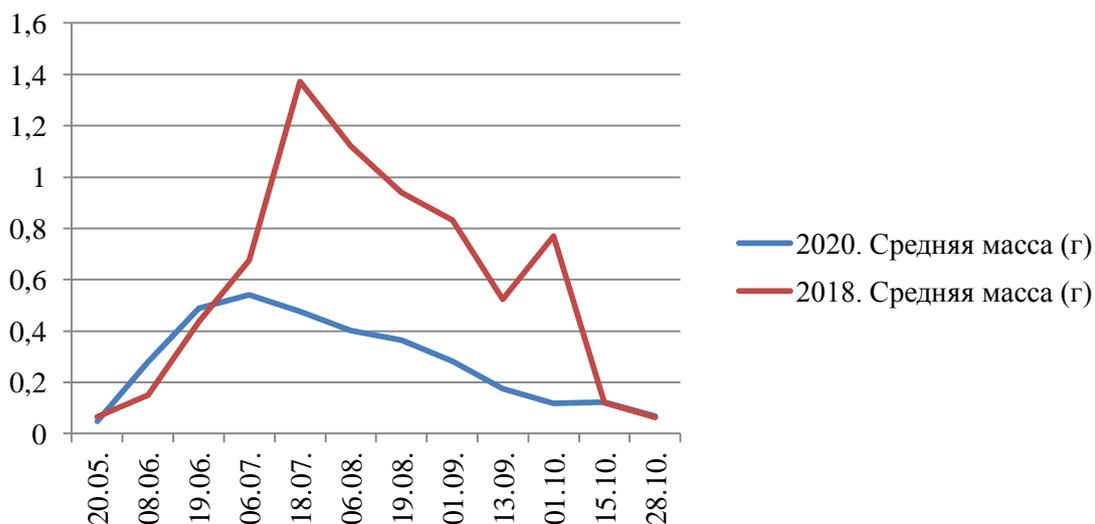


Рис. 10. Сезонная динамика средних показателей биомассы насекомых по результатам учетов на всех 4 пробных площадях в 2018 и 2020 гг.

Fig. 10. Seasonal dynamics of insect biomass average indicators due to the accounting results of all 4 test areas in 2018 and 2020

Среднее количество (экземпляров) насекомых, которые мы выкашивали в каждом биотопе и в суммарном выражении по всем площадям, отличалось не столь значительно, как биомасса. Так, в 2020 г. в среднем было 162 экз. насекомых на один учет, что на 6% даже больше, чем в 2018 г., – 153 экз/учет (табл. 7). Но средний показатель по всем учетным площадям, например, 6 июля 2020 г., когда в текущем сезоне был отмечен максимум численности (329 экземпляров), составил лишь 72% от 18 июля 2018 г. (454 экз.). И максимальный пик амплитуды в 2018 г. заметно выше по сравнению с 2020 г. Сезонная динамика средних значений количества насекомых (в числе экземпляров) по всем пробным площадям в 2020 и 2018 гг. представлена на диаграмме на рисунке 11.

Обе кривые отражают примерно схожий ритм динамики, но с заметной разницей по максимальным амплитудам значений. Наибольшее количество экземпляров насекомых в 2020 г. создавали главным

образом ногохвостки, в том числе сминтуриды (*Sminturidae*), которые периодически появлялись при кошении сачком порой до 1 000 экземпляров на 1 укос (1 сентября 2020 г.), а также комары хирономид.

Результаты учетов в 2018 и 2020 гг. отражают не случайную, но объективно сложившуюся ситуацию: в 2020 г. показатели численности и особенно биомассы насекомых в фоновых биотопах водноохранной зоны реки Авачи в ее низовье оказались существенно ниже по сравнению с 2018 г. У амфибионтов и наземных видов насекомых могли быть, помимо общих, еще и разные на это причины. Возможно, такие кратные изменения – это нормальное явление. Нужны многолетние исследования. Но мы обратили внимание на низкую урожайность в 2020 г. многих ягодниковых кустарников, а также на мутность воды в Аваче из-за смыва мелкодисперсных грунтовых фракций в местах работы старателей.

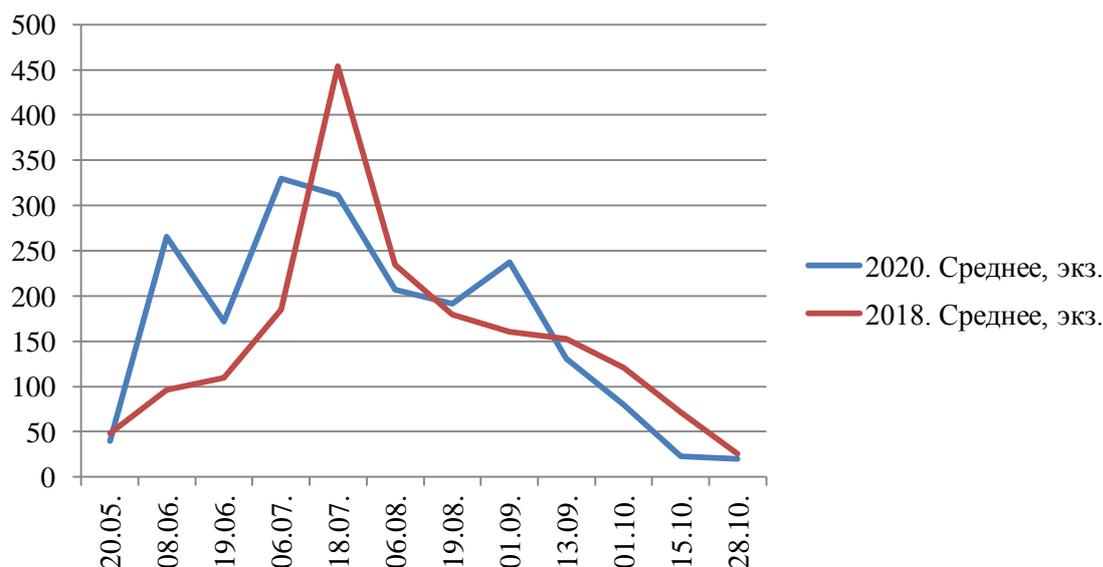


Рис. 11. Сезонная динамика средних показателей численности насекомых по результатам учетов по всем 4 пробным площадям в 2018 и 2020 гг.

Fig. 11. Seasonal dynamics of insect numbers average indicators due to the accounting results of all 4 test areas in 2018 and 2020

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценки обилия и биомассы беспозвоночных животных позволяют сделать приблизительные расчеты потенциальных запасов кормов для молоди лососевых на примере поймы рек Авачи и Пиначевской в их низовье. Эти оценки можно принять в качестве точки отсчета для последующего мониторинга. В среднем за 2020 г. показатель биомассы насекомых в пойменных местообитаниях составил 0,277 г за один учет, в 2018 г. – 0,588 г за один учет, средняя биомасса за два года – 0,433 г за один учет. Принимая, что в учете на 25 взмахов сачком диаметром 0,46 м с полосой учета в 1,3 м обкашивается площадь 14,95 м², биомасса насекомых на условный 1 м² речной поймы Авачи на изученном нами участке составила в среднем (за два сезона) порядка 0,029 г (0,433 г : 14,95 м²).

Полученный нами средний показатель биомассы насекомых в речной пойме Авачи довольно низкий. Так, на лугах в низо-

вье реки Коль, что на охотском побережье Камчатки, аналогичный показатель, по данным за август 2010 г., составил 0,168 г/м² [Лобкова, 2016], а на лугу вдоль протоки Карымайской в бассейне Быстрой в июле 2017 г. – 0,0735 г/м² [Лобков, Паутов, 2017]. По опыту исследований Л.Е. Лобковой (ее неопубликованные сведения) в разных районах Камчатки (Кроноцком заповеднике, долине Паратунки, озере Дальнем) и даже здесь, в пойме Авачи, в 2014 г. также известны более высокие показатели биомассы. Наряду с особенностями природной обстановки в течение учетных сезонов это может быть особенностью участка поймы, расположенного непосредственно у границы города Елизова, возле оживленной автотрассы, испытывающего антропогенное воздействие из-за почти постоянного присутствия людей.

Для сравнения: показатель биомассы бентосных организмов принят для предгорных рек Камчатки в их нижнем течении за 7,5 г/м² [Чебанова, 2009].

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны Е.Н. Ненашевой, ныне старшему государственному инспектору Службы по охране животного мира и государственных заказников Камчатского края (Министерство природных ресурсов и экологии Камчатского края) за помощь в идентификации части коллекции пауков по сборам 2018 г.

ЛИТЕРАТУРА

- Введенская Т.Л. 2014а. Значение наземных насекомых происхождения в питании молоди лососей и других видов рыб в пресных водах Камчатки. *Материалы Всероссийской конференции «Чтения памяти проф. В.Я. Леванидова»*. Владивосток: Дальнаука. С. 134–143.
- Введенская Т.Л. 2014б. Роль наземных насекомых в качестве компонента питания молоди лососей и других видов рыб в некоторых озерах Камчатки. *Материалы Всероссийской конференции «Чтения памяти проф. В.Я. Леванидова»*. Вып. 6. Владивосток. С. 134–143.
- Введенская Т.Л., Куренков С.И. 1988. Некоторые черты биологии пресноводного кижуча оз. Дальнего (Камчатка). *Тезисы III Всесоюзного совещания по лососевидным рыбам «Современное состояние исследований лососевидных рыб»*. Тольятти: ИЭВБ. С. 54–55.
- Введенская Т.Л., Попова Т.А., Травина Т.Н. и др. 2004. Особенности пищевой адаптации заводской молоди лососей в базовых водоемах камчатских лососевых рыбоводных заводов. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. VII. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 261–269.
- Введенская Т.Л., Травина Т.Н. 2001. Роль донной фауны беспозвоночных озера Курильское в питании молоди нерки *Oncorhynchus nerka*. *Вопросы ихтиологии*. Т. 41. № 4. С. 518–524.
- Введенская Т.Л., Травина Т.Н. 2009. Роль хирономид (Diptera, Chironomidae) в питании молоди лососей и других видов рыб в реке Большая (Западная Камчатка). *Евразийский энтомологический журнал*. Т. 8. Приложение I. С. 102–108.
- Есин Е.В., Чебанова В.В., Леман В.Н. 2009. Экосистема малой лососевой реки Западной Камчатки (среда обитания, донное население и ихтиофауна). Москва: Товарищество научных изданий КМК. 171 с.
- Кохменко Л.В. 1970. Особенности питания гольцов *Salvelinus alpinus* (L.) в озере Азабачьем. *Известия ТИНРО*. Т. 78. С. 117–128.
- Кузицин К.В., Малютина А.М., Груздева М.А. 2015. Сезонная динамика питания и пищевые отношения молоди лососевых рыб (Salmonidae) в бассейне реки Коль (Западная Камчатка). *Вопросы ихтиологии*. Т. 55. № 3. С. 323–350.
- Леванидов В.Я., Леванидова И.М. 1957. Питание покатной молоди летней кеты и горбуши в притоках Амура. *Известия ТИНРО*. Т. 45. С. 3–16.
- Леман В.Н., Чебанова В.В. 2002. Возможности повышения эффективности искусственного разведения кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) и экология заводской молоди в бассейне реки Большая. *Труды ВНИРО*. Т. 141. С. 215–228.
- Лобков Е.Г., Лобкова Л.Е. 2020. Природный комплекс водоохранной зоны и его роль в оптимизации питания лососевых рыб (на примере низовий реки Авачи). Отчет о НИР. КамчатГТУ. № госрегистрации АААА – А20-120031790008-9. 113 с.

- Лобков Е.Г., Паутов С.Н. 2017. Изучение экологических взаимосвязей в природном комплексе лососевой реки. Отчет о НИР. КамчатГТУ. № государственной регистрации АААА-А17-117050410112-7. 109 с.
- Лобков Е.Г., Паутов С.Н., Ненашева Е.М., Лобкова Л.Е. 2018. Изучение экологических связей гидробионтов с прибрежными компонентами в экосистемах лососевых водоемов Камчатки. Отчет о НИР. КамчатГТУ. № государственной регистрации АААА – А18-118092690013-0. 93 с.
- Лобкова Л.Е. 2016. Материалы по энтомофауне низовий и среднего течения реки Коль. *Материалы по биоразнообразию бассейна реки Коль (Западная Камчатка)*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 57–102.
- Лобкова Л.Е. 2017. Значение имаго насекомых в питании молоди лососевых рыб на Камчатке. *Материалы Всероссийской конференции «Чтения памяти проф. В.Я. Леванидова»*. Владивосток: Дальнаука. С. 42.
- Лобкова Л.Е., Введенская Т.Л. 2019. Значение водоохранной зоны в питании молоди лососевых рыб на Камчатке. *Материалы Международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 67–74.
- Лобкова Л.Е., Введенская Т.Л. 2020. Значение прибрежных экосистем в обеспечении питания молоди некоторых видов лососевых рыб в пресных водах Камчатки. *Материалы Международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 45–62.
- Наездники-Паразитоиды (Aprocrita: Parasitica). 2019. Аннотированный каталог перепончатокрылых насекомых России под общей редакцией С.А. Белокобыльского и А.С. Лелея. Том I. Труды Зоологического института РАН. Приложение № 8. 596 с.
- Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. 1986. Т. 1. Первичнобескрылые, древнекрылые с неполным превращением. Ленинград: Наука. 1986. 452 с.
- Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. 1988. Т. 2. Равнокрылые и полужесткокрылые. Ленинград: Наука. 972 с.
- Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. 1989. Т. 3. Жесткокрылые, или Жуки. Ч. 1. Ленинград: Наука. 572 с.
- Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. 1992. Т. 3. Жесткокрылые, или Жуки. Ч. 2. Санкт-Петербург: Наука. 704 с.
- Определитель насекомых Дальнего Востока России. 1995. Т. 4. Сетчатокрылообразные, корпионницы, перепончатокрылые. Ч. 1. Санкт-Петербург: Наука. 606 с.
- Определитель насекомых Дальнего Востока России. 1997. Т. 5. Ручейники и чешуекрылые. Ч. 1. Владивосток: Дальнаука. 540 с.
- Определитель насекомых Дальнего Востока России. 1999–2006. Т. 6. Ч. 1-3. Двукрылые и блохи. Ч. 1. 1999. – 665 с., Ч. 2. 2001. – 641 с., Ч. 3. 2004. – 659 с., Ч. 4. 2006. – 936 с. Владивосток: Дальнаука.
- Симонова Н.А. 1972. Питание мальков красной (*Oncorhynchus nerka* Walb.) на нерестилищах и их кормовая база. *Известия ТИНРО*. Т. 82. С. 179–189.
- Сынкова А.И. 1951. О питании тихоокеанских лососей в камчатских водах. *Известия ТИНРО*. Т. 34. С. 105–121.
- Тиллер И.В., Введенская Т.Л. 1988. Питание проходной формы и молоди гольца *Salvelinus alpinus sensu lato* в реке Хайлюля (Камчатка). *Вопросы ихтиологии*. Т. 28. Вып. 1. С. 103–109.

- Чебанова В.В. 2002. Кормовая база молоди лососей в бассейнах рек Большая и Паратунка (Камчатка). *Труды ВНИРО*. Т. 141. С. 229–239.
- Чебанова В.В. 2009. Бентос лососевых рек Камчатки. Москва: Изд-во ВНИРО. 172 с.
- Якубов В.В., Чернягина О.А. 2004. Каталог флоры Камчатки (сосудистые растения). Петропавловск-Камчатский: Камчат-пресс. 165 с.
- Allan J.D., Wipfli M.S., Caonette J.P., Prussian A. 2003. Influence of Streamside vegetation on inputs of terrestrial invertebrates to salmonid food webs. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 60. P. 309–320.
- Bayo F.S., Kris A.G. 2019. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*. V. 232. P. 8–27. URL: www.elsevier.com/locate/biocon.
- Baxter C.V., Fausch K.D., Saunders W.C. 2005. Tangled webs: reciprocal flows of invertebrate prey link streams and riparian zones. *Freshwater Biology*. 50 (2). P. 201–220.
- Hunt R.L. 1975. Food relations and behavior of salmonid fishes. In: Hasler A.D., ed. *Coupling of land and water systems*. New York. Springer-Verlag. P. 137–151.
- Kawaguchi Y., Nakano S. 2001. Contribution of terrestrial invertebrates to the annual resource budget for salmonids in forest and grassland reaches of a headwater stream. *Freshwater Biology*. 46. P. 303–316.
- Nakano S., Murakami M. 2001. Reciprocal subsidies: dynamic interdependence between terrestrial and aquatic food webs. *Proceeding of the National Academy of Science, USA*. 98 (1). P. 166–170.
- Seibold S., Gossner M., Simons M. et al. 2019. Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature*. V. 574. P. 671–674.
- Wipfli M.S. 1997. Terrestrial invertebrates as salmonid prey and nitrogen sources in streams: contrasting old-growth and young-growth riparian forests in south-eastern Alaska. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 54. P. 1259–1269.
- Wipfli M.S., Baxter C.V. 2010. Linking Ecosystems, Food Webs, and Fish Production: Subsidies in salmonid Watersheds. *Fisheries*. 35. P. 373–382.

REFERENCE

- Vvedenskaya T.L. 2014a. The importance of insects of terrestrial origin in the diet of juveniles salmon and other species of fish in the fresh waters of Kamchatka. *Proceedings of All-Russian conference "Readings in memory of Prof. V.Y. Levanidov"*. Vladivostok: Dal'nauka Publ. P. 134–143 (in Russian).
- Vvedenskaya T.L. 2014b. The role of terrestrial insects as a component of juvenile nutrition salmon and other species of fish in some lakes of Kamchatka. *Proceedings of All-Russian conference "Readings in memory of Prof. V.Y. Levanidov"*. Vol. 6. Vladivostok. P. 134–143 (in Russian).
- Vvedenskaya T.L., Kurenkov S.I. 1988. Some features of the biology of freshwater coho salmon Lake Dalnee (Kamchatka). *Proceedings of the III All-Union conference on salmonid fish "Current state of salmon fish research"*. Toliatti: IEVB. P. 54–55 (in Russian).
- Vvedenskaya T.L., Popova T.A., Travina T.N. et al. 2004. Features of food adaptation of factory juvenile salmon in the basic reservoirs of Kamchatka salmon fish hatcheries. *Issledovaniya vodnyh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoj*

- chasti Tihogo okeana (The Research of water biological resources of Kamchatka and of the northwestern part of Pacific Ocean)*. Vol. VII. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 261–269 (in Russian).
- Vvedenskaya T.L., Travina T.N. 2001. The role of the bottom fauna of invertebrates of the lake Kuril in the diet of juvenile sockeye salmon *Oncorhynchus nerka*. *Voprosy ihtologii (Journal of Ichthyology)*. T. 41. № 4. P. 518–524 (in Russian).
- Vvedenskaya T.L., Travina T.N. 2009. The role of chironomids (Diptera, Chironomidae) in nutrition of juvenile salmon and other fish species in the Bolshaya River (Western Kamchatka). *Evraziatskii entomologicheskii zhurnal (Eurasian Entomological Journal)*. T. 8. Application I. P. 102–108 (in Russian).
- Esin E.V., Chebanova V.V., Leman V.N. 2009. Ecosystem of the small salmon river of the West Kamchatka (habitat, bottom population and ichthyofauna). Moscow: Tovarishchestvo nauchnyh izdaniy KMK Publ. 171 p. (in Russian).
- Kokhmenko L.V. 1970. Features of the nutrition of char *Salvelinus alpinus* (L.) in the Lake Azabachye. *Izvestia Tihookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybohozajstvennogo centra (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. T. 78. P. 117–128. (in Russian).
- Kuzishchin K.V., Malyutina A.M., Gruzdeva M.A. 2015. Seasonal dynamics of nutrition and food relations of salmon fish (Salmonidae) juvenile in the Kol River basin (Western Kamchatka). *Voprosy ihtologii (Journal of Ichthyology)*. Vol. 55. № 3. P. 323–350 (in Russian).
- Levanidov V.Ya., Levanidova I.M. 1957. Nutrition of rolling juvenile of summer chum salmon and pink salmon in tributaries of the Amur. *Izvestia Tihookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybohozajstvennogo centra (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. T. 45. P. 3–16 (in Russian).
- Leman V.N., Chebanova V.V. 2002. Opportunities to improve the efficiency of artificial *Oncorhynchus keta* (Walbaum) breeding and the ecology of factory juveniles in the Bolshaya River basin. *Trudy VNIRO (Proceedings VNIRO)*. T. 141. P. 215–228 (in Russian).
- Lobkov E.G., Lobkova L.E. 2020. The natural complex of the water protection zone and its role in optimization of nutrition of salmon fish (on the example of the lower reaches of the Avacha River). Research report. KamchatSTU. State registration № AAA-A20-120031790008-9. 113 p. (in Russian).
- Lobkov E.G., Pautov S.N. 2017. Study of ecological relationships in the natural salmon river complex. Research report. KamchatSTU. State registration № AAAAA-A17-117050410112-7. 109 p. (in Russian).
- Lobkov E.G., Pautov S.N., Nenasheva E.M., Lobkova L.E. 2018. Environmental studies linkages of hydrobionts with coastal components in salmon water ecosystems of Kamchatka. Research report. KamchatSTU. State registration № AAAA-A18-118092690013-0. 93 p. (in Russian).
- Lobkova L.E. 2016. Materials on the entomofauna of the lower and middle reaches of the Kol River. *Proceedings on the biodiversity of the Kol River basin (Western Kamchatka)*. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatSTU Publ. P. 57–102. (in Russian).
- Lobkova L.E. 2017. The importance of insect imago in the diet of juvenile salmon fish on Kamchatka. *Proceedings of All-Russian conference "Readings in memory of Prof.*

- V.Y. Levanidov". Vladivostok: Dal'nauka Publ. P. 42 (in Russian).
- Lobkova L.E., Vvedenskaya T.L. 2019. The importance of the water protection zone in the nutrition of juveniles salmon fish in Kamchatka. *Proceedings of the International scientific conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 67–74 (in Russian).
- Lobkova L.E., Vvedenskaya T.L. 2020. The importance of coastal ecosystems in ensuring feeding juveniles of some species of salmon fish in the fresh waters of Kamchatka. *Proceedings of the International scientific conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 45–62. (in Russian).
- Parasitoid riders (Apocrita: Parasitica). 2019. Annotated catalogue of hymenopteran insects of Russia. Edited by S.A. Belokobylsky and A.S. Leley. Volume I. Proceedings of Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences. Application № 8. 596 p. (in Russian).
- Determinant of insects of the Far East of the USSR. 1986. T. 1. Primary, ancient wings with incomplete transformation. Leningrad: Nauka Publ. 452 p. (in Russian).
- Determinant of insects of the Far East of the USSR. 1988. T. 2. Equal-winged and semi-rigid-winged. Leningrad: Nauka Publ. 972 p. (in Russian).
- Determinant of insects of the Far East of the USSR. 1989. T. 3. Coleoptera, or Beetles. Ch.1. Leningrad: Nauka Publ. 572 p. (in Russian).
- Determinant of insects of the Far East of the USSR. 1992. T. 3. Coleoptera, or Beetles. Ch.2. St. Peterburg: Nauka Publ. 704 p. (in Russian).
- Determinant of insects of the Far East of Russia. 1995. T. 4. Reticulated, scorpions, hymenoptera. Ch.1. St. Peterburg: Nauka Publ. 606 p. (in Russian).
- Determinant of insects of the Far East of Russia. 1997. T. 5. Caddisflies and Lepidoptera. Part 1. Vladivostok: Dal'nauka Publ. 540 p. (in Russian).
- Determinant of insects of the Far East of Russia. 1999–2006. T.6. Ch. 1-3. Diptera and Fleas. Ch. 1. 1999. – 665 p., Ch. 2. 2001 – 641 p., Ch. 3. 2004 – 659 p., Ch. 4 2006. – 936 p. Vladivostok: Dal'nauka Publ. (in Russian).
- Simonova N.A. 1972. Feeding of red fry (*Oncorhynchus nerka* Walb.) on spawning grounds and their feed base. *Izvestia Tihookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybohozajstvennogo centra (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 82. P. 179–189 (in Russia).
- Synkova A.I. 1951. On the nutrition of Pacific salmon in Kamchatka waters. *Izvestia Tihookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybohozajstvennogo centra (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. T. 34. P. 105–121 (in Russian).
- Tiller I.V., Vvedenskaya T.L. 1988. Nutrition of the passing form and juvenile char *Salvelinus alpinus* sensu lato in the River Hailülya (Kamchatka). *Voprosy ihtiologii (Journal of Ichthyology)*. T. 28. Vol. 1. P. 103–109 (in Russian).
- Chebanova V.V. 2002. Forage base of juvenile salmon in the basins of the Bolshaya and Paratunka Rivers (Kamchatka). *Trudy VNIRO (Proceedings VNIRO)*. T. 141. P. 229–239 (in Russian).
- Chebanova V.V. 2009. Benthos of the salmon rivers of Kamchatka. Moscow: VNIRO Publ. 172 p. (in Russian).
- Yakubov V.V., Chernyagina O.A. 2004. Catalog of the flora of Kamchatka (vascular plants). Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. 165 p.

- Allan J.D., Wipfli M.S., Caonette J.P., Prussian A. 2003. Influence of Streamside vegetation on inputs of terrestrial invertebrates to salmonid food webs. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 60. P. 309–320.
- Bayo F.S., Kris A.G. 2019. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*. V. 232. P. 8–27. URL: www.elsevier.com/locate/biocon.
- Baxter C.V., Fausch K.D., Saunders W.C. 2005. Tangled webs: reciprocal flows of invertebrate prey link streams and riparian zones. *Freshwater Biology*. 50 (2). P. 201–220.
- Hunt R.L. 1975. Food relations and behavior of salmonid fishes. In: Hasler A.D., ed. *Coupling of land and water systems*. Springer-Verlag. New York. P. 137–151.
- Kawaguchi Y., Nakano S. 2001. Contribution of terrestrial invertebrates to the annual resource budget for salmonids in forest and grassland reaches of a headwater stream. *Freshwater Biology*. 46. P. 303–316.
- Nakano S., Murakami M. 2001. Reciprocal subsidies: dynamic interdependence between terrestrial and aquatic food webs. *Proceeding of the National Academy of Science, USA*. 98 (1). P. 166–170.
- Seibold S., Gossner M., Simons M. et al. 2019. Arthropod decline in grasslands and forests in associated with landscape-level drivers. *Nature*. V. 574. P. 671–674.
- Wipfli M.S. 1997. Terrestrial invertebrates as salmonid prey and nitrogen sources in streams: contrasting old-growth and young-growth riparian forests in southeastern Alaska. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 54. P. 1259–1269.
- Wipfli M.S., Baxter C.V. 2010. Linking Ecosystems, Food Webs, and Fish Production: Subsidies in salmonid Watersheds. *Fisheries*. 35. P. 373–382.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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 Aquatic Bioresources, Fisheries and Aquaculture Chair; lobkov48@mail.ru. SPIN code: 2533-6452; Author ID: 396361; Scopus ID: 6506555409.

Лобкова Людмила Ефимовна – Кроноцкий государственный природный биосферный заповедник, 684010, Россия, г. Елизово, Камчатский край; старший научный сотрудник; lel1947@mail.ru.

Lobkova Lyudmila Efimovna – Kronotsky State Nature Biosphere Reserve; 684010, Russia, Yelizovo, Kamchatka Territory; Senior Researcher; lel1947@mail.ru.

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВ ГОРОДА ПЕТРОПАВЛОВСКА-КАМЧАТСКОГО, КАМЧАТСКИЙ КРАЙ

Авдощенко В.Г., Климова А.В.

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

В работе представлены результаты определения валового содержания цинка, меди и свинца в поверхностном слое почв г. Петропавловска-Камчатского, и на их основе дана оценка степени загрязнения тяжелыми металлами почв отдельных районов города за период 2017–2020 гг. Выявлено, что практически повсеместно содержание свинца в почвах соответствовало очень сильной или сильной степени загрязнения. Почвы по содержанию меди и цинка были отнесены к слабо- и среднезагрязненным. В 2017–2020 гг. происходило увеличение содержания меди и цинка в почвах города. Изменение содержания свинца за период 2017–2018 гг., напротив, выражено слабо, в 2020 г. установлено снижение его содержания во всех районах исследования. Согласно комплексным показателям загрязнения, индексу нагрузки загрязнения (*PLI*) и интегрированному индексу загрязнения Немерова (*NPI*), наиболее загрязненные почвы были выявлены в районе «Госпиталь» (2017 г.), «Ботанический переулок» (2018 г.), «Стадион “Спартак”» (2020 г.). Для всех почв города характерна слабая степень потенциального экологического риска в результате загрязнения тяжелыми металлами. Полученные данные могут быть использованы для мониторинга загрязнения тяжелыми металлами почв урбанизированных территорий Камчатского края.

Ключевые слова: загрязнение, Камчатский край, тяжелые металлы, урбанизированные почвы, Cu, Zn, Pb.

ASSESSMENT OF SOIL HEAVY METAL POLLUTION IN PETROPAVLOVSK-KAMCHATSKY (KAMCHATKA TERRITORY)

Avdoshchenko V.G., Klimova A.V.

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

The results of determining the gross content of zinc, copper and lead in the surface soil layer, collected in Petropavlovsk-Kamchatsky, are presented in the paper. Based on them the heavy metal pollution degree assessment in different places of the city during 2017–2020 is given. It was found that almost everywhere the lead content in soils corresponded to a very high or high degree of contamination. According to the concentration of copper and zinc, the soils were classified as low and medium polluted. During 2017–2020 an increase of copper and zinc concentration in soils was registered. The dynamics of changes in lead concentration, on the contrary, was poorly expressed during 2017–2018. In 2020 a decrease in its content was found in all observed areas. According to the integrated pollution indexes *PLI* and *NPI*, the most polluted soils were identified in such areas as “Hospital” (2017), “Botanicheskiy Pereulok” (2018), “Stadium Spartak” (2020). All city soils were characterized by a weak degree of potential environmental risk resulting from heavy metal pollution. The obtained data can be used to monitor heavy metal contamination of urbanized territories soils in Kamchatka Territory.

Key words: pollution, Kamchatka Territory, heavy metals, urbanized soils, Cu, Zn, Pb.

ВВЕДЕНИЕ

Тяжелые металлы (ТМ) относят к приоритетной группе неорганических загрязняющих веществ, которые в избытке поступают в среду всех урбанизированных территорий [Davydova, 2005; Sharma, Singh, 2015]. В почвах начинаются основные циклы миграции ТМ, поскольку именно в них происходит мобилизация металлов и образование различных подвижных форм. Далее они поступают в сопредельные компоненты экосистемы – природные воды, растительные и бактериальные сообщества [Попова, Наквасина, 2014]. Фитоценозы, помимо поглощения ТМ из почвы, могут сорбировать их листьями из воздуха. В дальнейшем это приводит либо к вторичному загрязнению почвы и, как правило, ее деградации, либо к перераспределению металлов по пищевой цепи. В конечном счете в результате биологического усиления ТМ могут являться фактором экологического риска для здоровья человека и в целом для экосистемы.

В связи с растущими темпами урбанизации, увеличением количества транспортных средств и несанкционированных свалок, проблема химического загрязнения ТМ является актуальной задачей для большинства населенных пунктов [Жарикова, 2021; Ладонин, Михайлова, 2020]. Оценку их содержания необходимо проводить для характеристики экологической ситуации в городе и предупреждения экологического кризиса. По содержанию ТМ в почвах возможно оценивать степень загрязнения урбанизированных территорий и дифференцировать их по уровню загрязнения.

В Камчатском крае большая часть населения сконцентрирована в Петропавловск-Камчатском городском округе. Город характеризуется сложным рельефом, поскольку расположен на побережье Авачинской бухты, и включает в себя районы,

отличающиеся по эдафическим, орографическим и климатическим условиям, а также по функциональному использованию. Почвы города относятся к юго-восточной почвенной провинции Камчатки, находятся в зоне выпадения пеплов действующих вулканов (Авачинского и Корякского), что способствует формированию узкоспецифичных почвенных зон [Карпачевский и др., 2009]. Так, для них характерна наибольшая концентрация марганца и цинка по сравнению с другими почвенными провинциями Камчатки. Также для Петропавловска-Камчатского выявлена устойчивая медная специализация [Захарихина, Литвиненко, 2019; Литвиненко, Захарихина, 2008].

Значимый вклад в загрязнение почв краевого центра вносят антропогенные источники. Основное поступление ТМ обусловлено функционированием предприятий теплоэнергетики и работой автотранспорта [Доклад о состоянии ..., 2021]. Особенностью последнего является длительный срок эксплуатации и низкие технические характеристики, что существенно влияет на качество и количество выбросов в атмосферный воздух. Кроме этого, к проблеме всех районов города относится захламление территорий отходами, включая металлолом и другой металлодержащий мусор, что может формировать локальные химические аномалии.

Настоящая работа была направлена на определение степени загрязнения ТМ поверхностного слоя почв г. Петропавловска-Камчатского с 2017 по 2020 гг. и выделение районов повышенного риска для здоровья человека.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сбор образцов почв. Исследования проводили на территории г. Петропавловска-Камчатского и расположенного за его

пределами фонового участка в летний период 2017, 2018 и 2020 гг. (рис. 1). В городской среде были выделены пять районов, расположенных вблизи основных автотранспортных развязок, крупных строительных площадок и в зонах воздействия предприятий теплоэнергетики (угольных котельных и ТЭЦ). Отбор почвенных образцов из поверхностного горизонта (глубина 0–20 см) осуществляли методом «конверта» путем осреднения материала из пяти частных проб [ГОСТ 17.4.4.02.2017; Методические указания ..., 1992]. Пробы тщательно перемешивали, конечная масса объединенной пробы составляла не менее 1 кг. Все отобранные пробы высушивали до воздушно-сухого состояния и просеивали через сито с диаметром отверстий 2 мм.

В исследованной городской среде в транспортно-селитебной зоне преобладают естественные, поверхностно и глубоко антропогенно-преобразованные почвы. Для фонового участка характерны охристые вулканические почвы.

Анализ образцов. Подготовку проб к спектральному анализу проводили согласно методике US EPA Method 200.2. с использованием системы кислотного разложения проб Ethos UP (Milestone, Италия). Химический анализ полученных растворов выполняли с помощью атомно-эмиссионного спектрометра с микроволновой плазмой Agilent MP-AES 4200 по разработанной фирмой-производителем методике [Хеттипатирана, Мельник, 2014]. Вычисление концентраций элементов (Cu, Zn и Pb) в пробах и предварительную обработку полученных данных проводили в программе MP Expert (Agilent Technologies, США). Конечное значение концентрации каждого элемента в анализируемой пробе определяли как среднее арифметическое значение концентрации пяти параллельных измерений. Контроль точности определения концентраций всех металлов проводился по анализу стандартного образца (ГСО 3484-86). Все значения концентрации металлов в почвенных образцах приведены в мг/кг сухой массы.

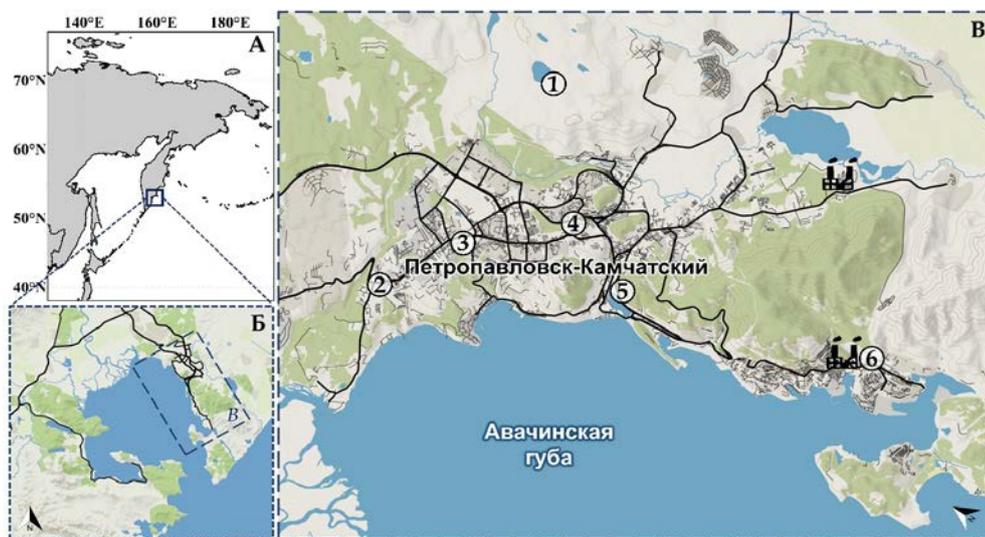


Рис. 1. Карта-схема мест отбора почвенных образцов: А – Камчатский край; Б – городская агломерация Петропавловск-Камчатский – Елизово – Вилучинск; В – г. Петропавловск-Камчатский: 1 – фоновый участок, 2 – район «Автостанция 10-й км», 3 – район «Краевая библиотека», 4 – район «Ботанический переулок», 5 – район «Стадион «Спартак»», 6 – район «Госпиталь»

Fig. 1. Map of soil sampling areas: А – Kamchatka Territory; Б – urban agglomeration, including Petropavlovsk-Kamchatsky, Elizovo and Vilyuchinsk; В – Petropavlovsk-Kamchatsky: 1 – background area, 2 – the area “Bus station the 10th km”, 3 – the area “Regional library”, 4 – the area “Botanicheskiiy Pereulok”, 5 – the area “Stadium Spartak”, 6 – the area “Hospital”

Подготовку проб к анализу и химические работы выполнены авторами в Секторе коллективного использования научного оборудования ФГБОУ ВО «КамчатГТУ».

Показатели оценки состояния почв.

Для оценки загрязнения поверхностного слоя почв конкретным ТМ рассчитывали индекс геоаккумуляции (Geoaccumulation Index, I_{geo}) [Müller, 1969; Nowrouzi, Pourhabbaz, 2014]:

$$I_{geo} = \log_2 \left(\frac{C_i}{1,5GB} \right),$$

где C_i – содержание металла в почве района исследования; GB – фоновое содержание металла. Этот показатель ранжирует состояние почв на следующие классы: $I_{geo} < 0$ – незагрязненные; $0 < I_{geo} < 1$ – слабая степень загрязнения; $1 < I_{geo} < 2$ – умеренная степень загрязнения; $2 < I_{geo} < 3$ – достаточно сильная степень загрязнения; $3 < I_{geo} < 4$ – сильная степень загрязнения; $4 < I_{geo} < 5$ – очень сильная степень загрязнения, $5 < I_{geo}$ – чрезвычайно сильная степень загрязнения. При расчетах I_{geo} для выявления незначительного антропогенного воздействия используют коэффициент 1,5 [Kabata-Pendias, 2011].

Для выделения тяжелого металла, представляющего наибольшую угрозу для почвенного покрова, вычисляли индекс загрязнения (Single Pollution Index, PI) [ГН 2.1.7.2042-09; Kowalska et al., 2018]:

$$PI = \frac{C_i}{GB},$$

где C_i и GB соответствуют обозначениям в формуле для I_{geo} . При значении $PI < 1$ – загрязнение почв отсутствует; $1 < PI < 2$ – слабая степень загрязнения; $2 < PI < 3$ – средняя степень загрязнения; $3 < PI < 5$ –

сильная степень загрязнения; $PI > 5$ – очень сильная степень загрязнения.

Для оценки степени комплексного загрязнения почвы ТМ использовали индекс нагрузки загрязнения (Pollution Load Index, PLI) [Varol, 2011]:

$$PLI = \sqrt[n]{PI_1 \cdot PI_2 \cdot \dots \cdot PI_n}$$

при значении $PLI < 1$ почва относится к категории «незагрязненных», при $PLI = 1$ – степень загрязнения незначительная, $PLI > 1$ – почва загрязнена.

Потенциальный экологический риск в результате загрязнения почв ТМ оценивали с помощью показателя потенциального экологического риска (Potential ecological risk, $PERI$) [Håkanson, 1980]:

$$PERI = \sum_{i=1}^n E_r^i,$$

где E_r^i – потенциальный экологический риск отдельных элементов, который определяется по формуле:

$$E_r^i = T_r^i \cdot PI,$$

где T_r^i – фактор токсической реакции отдельных элементов для живых организмов, имеющий следующие значения для исследованных металлов: Zn = 1, Cu = 5, Pb = 5 [Håkanson, 1980]. Степень потенциального экологического риска зависит от показателя $PERI$ и ранжируется следующим образом: $PERI < 90$ – слабая степень риска, $90 \leq PERI < 180$ – умеренная степень риска, $180 \leq PERI < 360$ – сильная степень риска, $360 \leq PERI < 720$ – очень сильная степень риска, $PERI \geq 720$ – чрезвычайно высокая степень риска.

Интегрированный индекс загрязнения Немерова (Nemerow Pollution Index, NPI)

оценивает загрязнение почвы, а также качество почвы [Gong et al., 2008]:

$$NPI = \sqrt{\frac{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n PI\right)^2 + PI_{\max}^2}{n}}$$

где n – количество исследованных металлов, PI_{\max} – максимальное значение PI . Согласно величине NPI выделяют пять классов загрязнения: 1 ($NPI \leq 0,7$) – загрязнение отсутствует, 2 ($0,7 < NPI \leq 1$) – незначительное загрязнение, 3 ($1 < NPI \leq 2$) – слабое загрязнение, 4 ($2 < NPI \leq 3$) – умеренное загрязнение, 5 ($3 < NPI$) – сильное загрязнение.

Для комплексной оценки загрязнения почв тяжелыми металлами применяли суммарный показатель загрязнения (Z_c), позволяющий определить степень негативного воздействия на среду одновременно несколькими загрязнителями [Сае и др., 1990]. Данный показатель представляет собой сумму коэффициентов концентрации (PI) каждого металла:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n PI - (n-1),$$

где PI – коэффициенты концентраций элементов; n – число определяемых суммируемых элементов с $PI > 1$. В зависимости от полученного значения Z_c исследуемые почвы относят к определенной категории загрязнения: $Z_c > 128$ – максимальный, чрезвычайно опасный уровень загрязнения; $Z_c = 32-128$ – высокий, опасный; $Z_c = 16-32$ – средний, умеренно опасный; $Z_c < 16$ – низкий, допустимый уровень [Методические указания ..., 1992].

Статистическая обработка и визуализация данных. Описательную статистику и построение графиков выполняли в программе GraphPad Prism 9.0.2.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Валовое содержание ТМ в почвах города в 2017–2020 гг. Уровни накопления и средние значения содержания Cu , Zn и Pb в поверхностном слое почв г. Петропавловска-Камчатского за весь период исследования всегда превышали таковые для фонового участка (табл. 1, рис. 2). Для территорий, расположенных за пределами города, межгодовая изменчивость содержания ТМ в почвах варьировала слабо. За четырехлетний период суммарное содержание ТМ в ненарушенных почвах изменялось в диапазоне 45,4–59,2 мг/кг (рис. 2, А), в городских почвах стабильно превышало 100 мг/кг и в отдельных случаях достигало 406,1 мг/кг (табл. 1).

Сравнивая динамику содержания ТМ в почвах исследуемых территорий за период 2017–2020 гг., следует отметить, что для фонового участка к концу наблюдений отмечено снижение содержания Cu и Pb на 41,7 и 57,4% соответственно (рис. 2, А). Для урбанизированных районов, напротив, характерно ежегодное увеличение содержания Cu и Zn (рис. 2, Б). Учитывая фоновые значения ТМ, к концу исследований районами города с максимальным депонированием Cu в почвенном покрове была «Краевая библиотека», с максимальными значениями Zn и Pb – «Стадион “Спартак”».

Индивидуальные индексы геохимического состояния почв (I_{geo} , PI). Анализ индексов геоаккумуляции выявил слабую степень загрязнения поверхностного слоя городских почв Cu и Zn за период 2017–2018 гг. (рис. 3, А). Вероятно, это обусловлено в целом повышенным геохимическим фоном этих металлов в почвах юго-восточной Камчатки. В 2020 г. в некоторых районах города степень загрязнения, основанная на значениях I_{geo} для Cu и Zn , достигала умеренного и достаточно

сильного уровня. В отношении индекса геоаккумуляции Pb почвы города в среднем характеризовались умеренной (2017 г.) и достаточно сильной (2018 и 2020 гг.) степенью загрязнения (рис. 3, А). Однако были выявлены отдельные участки с сильной – «Стадион “Спартак”» ($I_{geo} = 3,15$) и очень сильной степенью загрязнения почвенного покрова – «Ботанический переулок» ($I_{geo} = 4,98$).

Полученные значения индекса загрязнения PI для почв г. Петропавловска-Камчатского во многом повторяли выявленные для I_{geo} закономерности (рис. 3). В отношении Cu и Zn характерно ежегодное увеличение значений PI. В 2020 г. они достигли максимума в районах – «Краевая библиотека», $PI(Cu) = 7,02$ и «Стадион “Спартак”», $PI(Zn) = 7,18$ (рис. 3, Б), и соответствовали сильной степени загрязнения. В целом по накоплению меди и цинка для большинства исследованных почв города установлены слабая и средняя степени загрязненности. Для свинца выявлен наиболее широкий диапазон изменений значений индекса загрязнения среди исследуемых металлов, от 0,9 до 47,5 (рис. 3, Б).

В почвах отдельных районов его значения снижались в сравнении с предыдущим годом. Однако практически на всех урбанизированных территориях индекс PI, рассчитанный на основе содержания свинца в почвах, соответствовал очень сильной степени загрязнения (рис. 3, Б).

Комплексные показатели загрязнения городских почв (PLI, PERI, NPI, Zc). Анализ значений всех комплексных индексов загрязнения почв г. Петропавловска-Камчатского выявил неоднородность общего воздействия ТМ на исследованную территорию как в пространственном, так и временном аспектах (рис. 4). Так, в 2017 г. степень металлического загрязнения почвенного покрова в районах города убывала в следующем порядке: «Госпиталь» > «Автостанция 10-й км» > «Краевая библиотека» > «Ботанический переулок» > «Стадион “Спартак”»; аналогичный ряд в 2018 г.: «Ботанический переулок» > «Госпиталь» > «Стадион “Спартак”» > «Краевая библиотека» > «Автостанция 10-й км» и в 2020 г.: «Стадион “Спартак”» > «Краевая библиотека» > «Автостанция 10-й км» > «Ботанический переулок» > «Госпиталь».

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в почвах г. Петропавловска-Камчатского

Table 1. The heavy metals content in the soils of Petropavlovsk-Kamchatsky

Статистические показатели	Cu			Zn			Pb		
	2017	2018	2020	2017	2018	2020	2017	2018	2020
Городская среда (n = 34)									
Минимум, мг/кг	12,7	17,3	15,4	7,1	21,8	42,9	8,8	6,6	9,7
Максимум, мг/кг	37,7	42,4	136,6	65,8	66,2	334,1	68,7	310	258
Среднее арифметическое, мг/кг	30,9	28,9	50,4	47,3	46,8	132,8	35,9	63,5	43,3
Медиана, мг/кг	35,3	28,6	51,7	53,7	47,1	104,9	39,2	38,6	30,3
Стандартное отклонение, мг/кг	10,4	8,8	30,0	23,2	15,6	84,3	25,9	88,6	54,7
Коэффициент вариации, %	33,7	30,5	59,6	49,1	33,4	63,5	72,2	139,4	126,4
Фоновый участок (n = 12)									
Среднее арифметическое, мг/кг	22,6	16,2	13,2	25,2	22,7	41,7	10,1	6,5	4,3

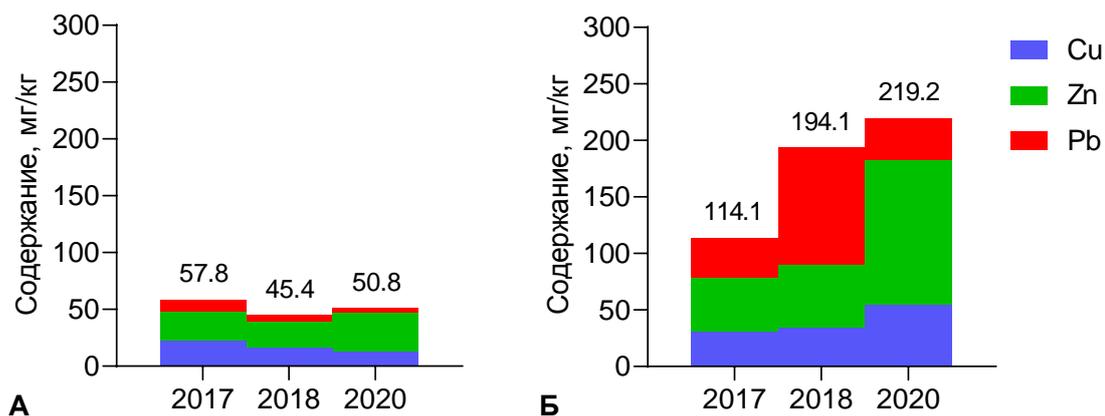


Рис. 2. Содержание меди, цинка и свинца (мг/кг) в почвах фонового участка (А) и городской среды (Б) исследуемых территорий

Fig. 2. The content of copper, zinc, and lead (mg/kg) in soils of background area (A) and urban environment (B) of the studied areas

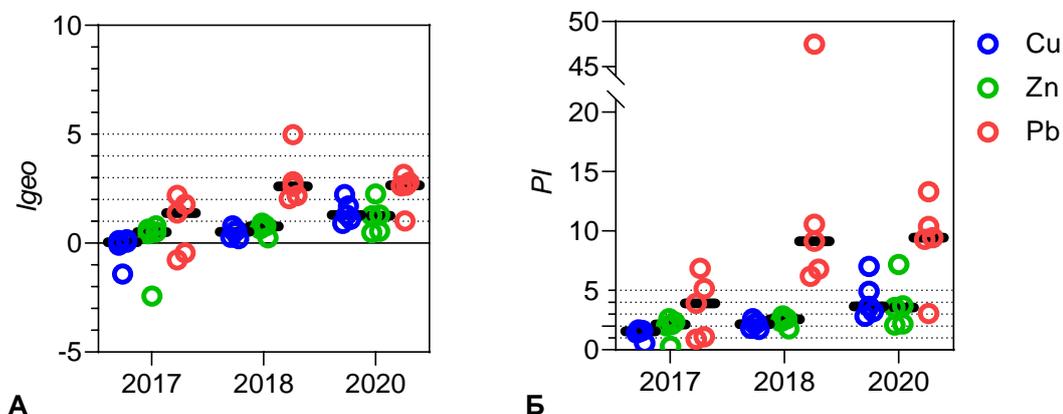


Рис. 3. Показатели загрязнения почв г. Петропавловска-Камчатского отдельно медью, цинком и свинцом: I_{geo} – индекс геоаккумуляции (А), PI – коэффициент концентрации (Б)

Fig. 3. Indicators of Petropavlovsk-Kamchatsky soil pollution with copper, zinc and lead separately: I_{geo} – geoaccumulation index (A), PI – concentration coefficient (B)

В целом почвы города характеризовались выраженным полиметаллическим загрязнением различной степени (рис. 4). Выявленные максимальные значения индексов PLI , NPI и Z_c в районах «Госпиталь», «Ботанический переулок» и «Стадион «Спартак»» (рис. 4, А, В, Г) свидетельствуют о сильной степени загрязнения почв. Для остальных районов города характерна слабая степень потенциального экологического риска, допустимая или умеренная степень загрязнения ТМ (рис. 4).

Межгодовая динамика полиэлементного загрязнения почвенного покрова г. Петропавловска-Камчатского на основе индексов комплексного загрязнения представлена на рисунке 5. Для всех индексов выявлен выраженный тренд к снижению воздействия ТМ на исследованные урбандошадфы в 2018–2020 гг. В то время как в предшествующий двухлетний период отмечено существенное увеличение значений всех показателей загрязнения почв (рис. 3, 4). Все эти изменения обусловлены, главным образом, техногенным поступлением Pb в городскую среду.

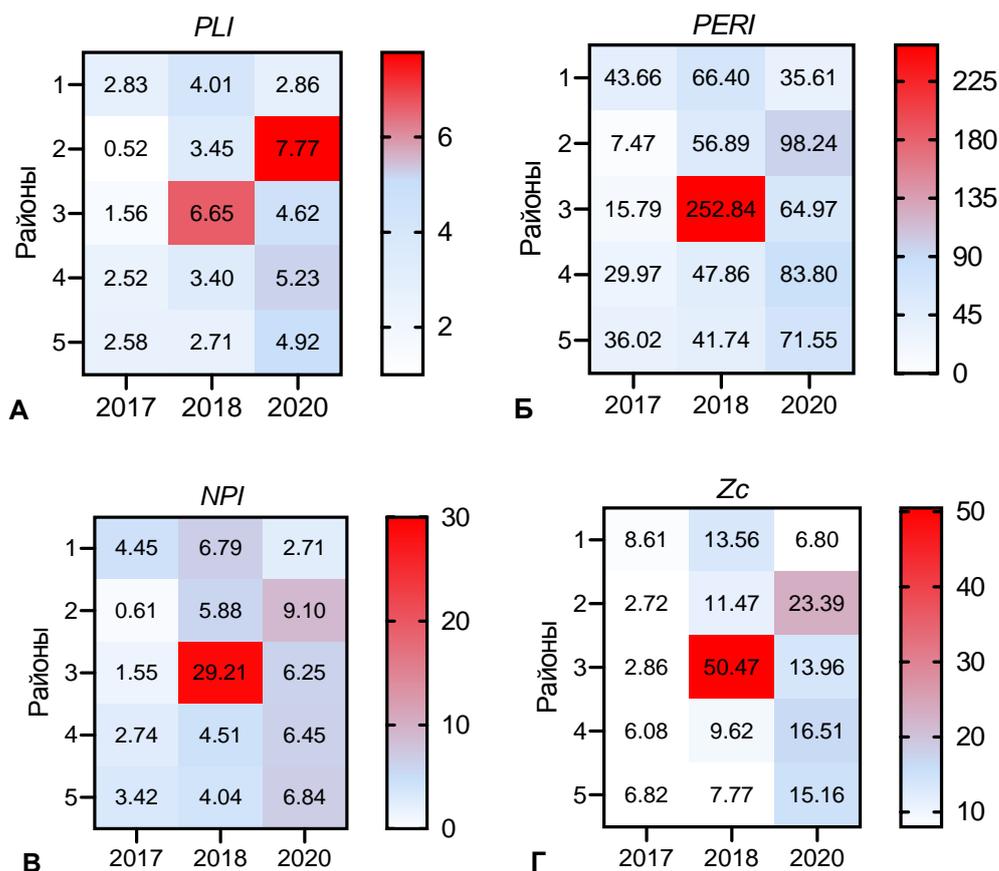


Рис. 4. Показатели комплексного загрязнения тяжелыми металлами почв исследуемых районов г. Петропавловска-Камчатского (*PLI*, *PERI*, *NPI*, *Zc*): 1 – «Госпиталь», 2 – «Стадион «Спартак»», 3 – «Ботанический переулок», 4 – «Краевая библиотека» и 5 – «Автостанция 10-й км»

Fig. 4. Indicators of complex soil pollution of the studied Petropavlovsk-Kamchatsky areas by heavy metals (*PLI*, *PERI*, *NPI*, *Zc*): 1 – Hospital, 2 – Stadium Spartak, 3 – Botanicheskii Pereulok, 4 – Regional library, 5 – Bus station the 10th km

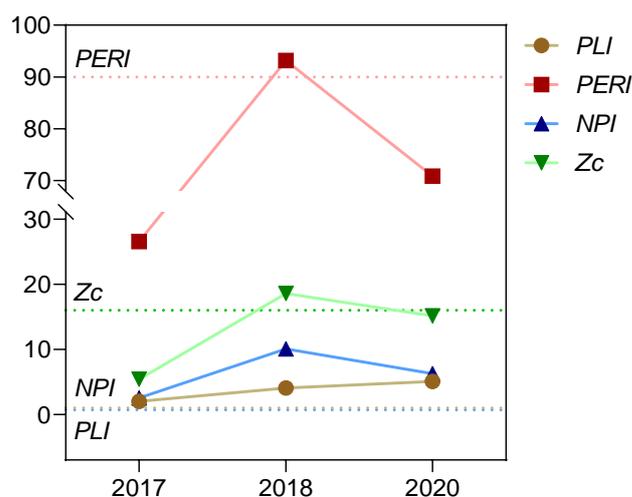


Рис. 5. Межгодовая динамика полиэлементного загрязнения почвенного покрова г. Петропавловска-Камчатского на основе индексов *PLI*, *PERI*, *NPI*, *Zc*. Пунктирными линиями отмечены уровни слабого загрязнения для каждого индекса

Fig. 5. Interannual dynamics of polyelement soil cover pollution in Petropavlovsk-Kamchatsky according to indices *PLI*, *PERI*, *NPI*, *Zc*. Low pollution levels for each index are indicated by dashed lines

ОБСУЖДЕНИЕ

Представленные выше результаты согласуются с полученными нами ранее данными о накоплении ТМ растениями г. Петропавловска-Камчатского [Авдощенко, Климова, 2021]. На основе видов-индикаторов – полыни пышной (*Artemisia vulgaris kamtschatica*) и ивы удской (*Salix udensis*) – авторами настоящей работы была выполнена оценка степени загрязнения ТМ растительного покрова города за период 2017–2020 гг.

В 2017 г. суммарное загрязнение растений травяного и древесного яруса ТМ для всей территории г. Петропавловска-Камчатского соответствовало средней степени, наибольшая нагрузка выявлена в районах «Автостанция 10-й км» и «Ботанический переулок» [Авдощенко, Климова, 2021]. В 2018 г. уровень загрязнения растительного покрова города ТМ не изменился и также характеризовался средней степенью. В то время как максимальное содержание ТМ в растениях было установлено для территорий «Госпиталь», «Стадион “Спартак”» и «Ботанический переулок». В 2020 г. слабая степень загрязнения металлами была выявлена для большинства исследованных районов. В целом в 2018 г. установлено увеличение концентрации ТМ в растениях по отношению к предыдущему периоду, что связано с усилением антропогенной нагрузки. Однако в 2020 г. уровень загрязнения растений города ТМ снизился до слабого [Авдощенко, Климова, 2021].

Аналогичная динамика была выявлена для почв г. Петропавловска-Камчатского при расчете полиэлементного загрязнения на основе индексов *PLI*, *PERI*, *NPI* и Z_c . Следует отметить, что прямую зависимость содержания ТМ в системе почва – растение выявить сложно или иногда невозможно.

Кроме того, растения дополнительно могут ассимилировать поллютанты из атмосферы. Так, в работах ряда авторов прямой зависимости между содержанием ТМ в почве и растениях не наблюдалось [Гусев и др., 2015; Дрогайцева, Петрова, 2014; Яковлева, Фаткуллин, 2019]. Однако в настоящем исследовании ситуация в рассматриваемых компонентах экосистемы во многом схожа. Так, установлено, что поступление свинца в почвы и фитоценозы города обусловлено исключительно техногенными факторами. Кроме того, поскольку суммарное загрязнение растительного покрова Петропавловска-Камчатского меньше, чем поверхностного слоя почвы, то последняя, вероятно, является основным источником поступления металлов в растения.

В Камчатском крае качество атмосферного воздуха детерминировано как природными факторами, включая климатические условия и вулканическую активность, так и степенью, и периодичностью его загрязнения техногенными выбросами от различных источников. По климатическим условиям полуостров Камчатка относится к зоне повышенного потенциала загрязнения атмосферы. Неблагоприятные условия для рассеивания вредных примесей создаются за счет приземных и приподнятых инверсий, застойных явлений, слабых скоростей ветра и туманов [Доклад о состоянии ..., 2021].

Одним из основных источников антропогенного загрязнения приземного слоя атмосферы в населенных пунктах края являются предприятия топливно-энергетического комплекса [Доклад о состоянии ..., 2021]. На котельных г. Петропавловска-Камчатского в качестве основного топлива используется топочный мазут, при сжигании которого в атмосферу поступают оксиды азота и серы, оксид углерода, сажа, бенз(а)пирен, ТМ и другие токсичные вещества [Делигодина и др., 2017].

Кроме того, ежегодно в Камчатском крае наблюдается рост количества транспортных средств при уменьшении численности населения. Так, в 2020 г. здесь было зарегистрировано 220 403 автотранспортных средства при населении 313 тыс. человек, что делает край лидером по показателю «количество легковых автомобилей на 1 000 человек» [Федеральная служба ..., 2022]. Большая часть населения региона проживает в г. Петропавловске-Камчатском, однако его современная планировка не рассчитана на текущее количество автотранспорта. В связи с этим некоторые дорожные участки перегружены, а на «зеленых» зонах формируются стихийные парковки, что приводит к локальному загрязнению отдельных территорий.

В 2019–2020 гг. на долю автотранспорта пришлось более 50% от суммарного выброса загрязняющих веществ в атмосферу от всех учтенных источников загрязнения (в 2018 г. – 57,1%, в 2017 г. – 58,4%) (рис. 6). В 2020 г. общее количество загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от всех стационарных источников выбросов, составило 38 903 тонны, в 2019 г. – 46 768 тонн [Доклад о состоянии ..., 2021], что на 8,5 тыс. тонн меньше аналогичного показателя 2018 г. (рис. 6, А). Необходимо отметить, что с 2018 г. по 2020 г. в почве также наблюдалось снижение комплексного загрязнения ТМ (рис. 5).

На территории города Петропавловска-Камчатского повсеместно встречаются места складирования отходов разного состава и происхождения. В целом в крае отмечается тенденция к увеличению образовавшихся отходов [Доклад о состоянии ..., 2021]. Несанкционированное размещение отходов также является причиной поступления в почву, водную среду и атмосферный воздух токсичных элементов, включая ТМ. Это является причиной фор-

мирования локальных зон с высоким уровнем их содержания. При этом после ликвидации несанкционированных свалок загрязнение может сохраняться в почве еще длительный период, постепенно привносясь поллютанты в сопредельные среды и, как следствие, приводит к их перераспределению между компонентами экосистемы [Воскресенская и др., 2013]. В некоторых исследованных районах города наблюдались аномально высокие количества ТМ в почве, например, на участке «Ботанический переулок» в 2018 г., «Стадион “Спартак”» в 2020 г., что, возможно, обусловлено в числе прочих причин размещением металлических отходов.

Климатической особенностью Камчатского края и г. Петропавловска-Камчатского является затяжной зимний период и, как следствие, наличие большую часть года снежного покрова, в котором накапливается основная масса загрязняющих атмосферу веществ. Зимой в атмосфере, как правило, наблюдается повышение концентрации различных загрязнителей, обусловленное ухудшением метеорологических условий рассеяния примесей, увеличением объема промышленных выбросов, замедлением химических процессов трансформации веществ при низкой температуре среды.

Исследования снежного покрова г. Петропавловска-Камчатского показали невысокую степень его загрязнения [Голохваст и др., 2014; Ступникова, Салихова, 2016]. Среди поллютантов встречаются металло-содержащие частицы, в некоторых случаях с повышенным содержанием цинка. Высокая доля сажевых и металлических наночастиц содержится в снеге зон дорожных авторазвязок [Голохваст и др., 2014]. Настоящее исследование показало, что данная тенденция наблюдается и в почвах районов, расположенных вблизи перегруженных дорожных перекрестков.

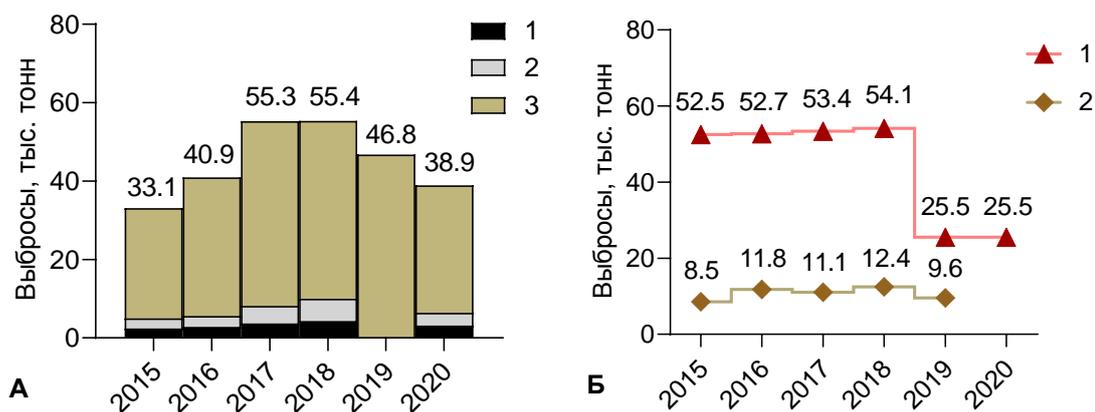


Рис. 6. Динамика выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух населенных пунктов Камчатского края: *А* – суммарное загрязнение от стационарных источников (3) с указанием некоторых специфических веществ – сажа (1) и неорганическая пыль (2); *Б* – вклад основных источников антропогенного загрязнения приземного слоя: 1 – автотранспорт, 2 – предприятия теплоэнергетики

Fig. 6. Dynamics of pollutants emissions into atmospheric air of Kamchatka Territory settlements: *A* – total pollution from stationary sources (3) with some specific substances indication – soot (1) and inorganic dust (2); *Б* – contribution of main sources of surface layer anthropogenic pollution: 1 – vehicles, 2 – thermal power engineering enterprises

В 2020 г. во всех районах мирах наблюдалось снижение загрязнения окружающей среды в целом и ее отдельных компонентов в связи с ограничительными мерами из-за распространения новой коронавирусной инфекции [Le Quére et al., 2020; Wang et al., 2020]. В частности, существенное значение имело уменьшение количества передвижений на транспорте и, как следствие, снижение выбросов. В Москве в период ограничительных мер в атмосфере выявлено снижение уровня основных загрязняющих веществ на 30–50%, в частности воздух внутри жилых районов очистился больше, чем вблизи автотрасс и крупных транспортных развязок [Гинзбург, 2020]. В городе Алматы (Казахстан) в период локдауна наблюдалось снижение концентрации некоторых поллютантов в атмосферном воздухе. Однако в целом существенного снижения уровня загрязнения воздуха здесь не произошло [Kerimray et al., 2020].

Безусловно, ограничения, связанные с распространением коронавируса, положительно повлияли на качество воздуха

и других компонентов урбосистем, но для комплексной оценки данных изменений и выявления их роли в общем загрязнении необходимо рассматривать и другие факторы. Например, возможные погодные особенности этого периода; вклад отдельно каждого источника загрязнения, включая природные; локальные источники воздействия, такие как несанкционированные свалки, сжигание мусора на территориях частных владений и др. В почвах г. Петропавловска-Камчатского изменения, вероятно, связанные с коронавирусными ограничениями, были выявлены для содержания свинца.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В течение всего периода исследований в почвах всех районов г. Петропавловска-Камчатского валовое содержание меди, цинка и свинца превышало геохимический фон и показатели фонового участка. Для свинца характерен наиболее широкий диапазон значений среди исследуемых металлов. Практически во всех случаях его

содержание в почвах соответствовало очень сильной или сильной степени загрязнения. Почвы города по содержанию меди и цинка характеризовались как слабо- и среднезагрязненные, однако в 2020 г. отдельные районы были отнесены к категории сильной степени загрязнения.

В целом исследованные почвы характеризовались выраженным комплексным загрязнением ТМ. Степень загрязнения почв ТМ в районах города в 2020 г. убывала в следующем порядке: «Стадион “Спартак”» > «Краевая библиотека» ≥ «Автостанция 10-й км» > «Ботанический переулок» > «Госпиталь». Для почв всех районов характерна слабая степень потенциального экологического риска в результате загрязнения тяжелыми металлами, кроме участков «Ботанический переулок» в 2018 г. и «Стадион “Спартак”» в 2020 г. с сильной и умеренной степенью соответственно.

Анализ межгодовой динамики полиэлементного загрязнения урбанизированных почв на основе индексов *PLI*, *PERI*, *NPI*, Z_c показал, что в 2017–2018 гг. происходило увеличение загрязнения, а в период 2018–2020 гг. – его снижение, что, вероятно, связано с уменьшением передвижений на автотранспорте в весенне-летний период 2020 г.

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.
- Воскресенская О.Л., Воскресенский В.С., Алябышева Е.А. 2013. Накопление тяжелых металлов почвой и растениями в местах сбора и временного хранения твердых бытовых отходов. *Современные проблемы науки и образования*. № 2. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8659> (дата обращения: 15.05.2022).
- Гинзбург В.А., Семенов В.А., Семутникова Е.Г. и др. 2020. Влияние ограничений, обусловленных COVID-19, на качество воздуха в Москве. *Доклады Российской академии наук. Науки о Земле*. Т. 495. № 1. С. 74–79.
- ГОСТ 17.4.4.02.2017 Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. 2018. Москва: Стандартинформ. 21 с.
- Голохваст К.С., Жаков В.В., Никифоров П.А. и др. 2014. Атмосферные взвеси Петропавловска-Камчатского по данным загрязнения снежного покрова: экологический анализ. *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. № 53 С. 89–94.
- ГН 2.1.7.2042-09 Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. 2009. Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 11 с.
- Гусев Н.Ф., Филиппова А.С., Трубников В.В., Немерешина О.Н. 2015. Содержание тяжелых металлов в сырье тысячелистника обыкновенного в зоне влияния Гайского горно-обогатительного комбината. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. № 6 (56). С. 218–220.
- Делигодина Ю.Н., Захарова О.Л., Савельева И.Н., Шанина Е.В. 2017. Особенности депонирования тяжелых металлов в почвенном покрове территорий воздействия предприятий. *Успехи современного естествознания*. № 7. С. 71–75.
- Доклад о состоянии окружающей среды в Камчатском крае в 2020 г. 2021. Петропавловск-Камчатский: Министерство

- природных ресурсов и экологии Камчатского края. 385 с.
- Дрогайцева А.А., Петрова Г.В. 2014. Накопление тяжелых металлов в экосистеме «почва – растения» *Melampyrum L. arvense* степной зоны Оренбургского Предуралья. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. № 6 (50). С. 144–146.
- Жарикова Е.А. 2021. Тяжелые металлы в городских почвах: оценка содержания и экологического риска. *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. Т. 332. № 1. С. 164–173.
- Захарихина Л.В., Литвиненко Ю.С. 2019. Вулканизм и геохимия почвенно-растительного покрова Камчатки. Специфика формирования элементного состава вулканических почв в холодных гумидных условиях. *Вулканонология и сейсмология*. № 3. С. 25–33.
- Карпачевский Л.О., Алябина И.О., Захарихина Л.В. и др. 2009. Почвы Камчатки. Москва: Геос. 224 с.
- Ладонин Д.В., Михайлова А.П. 2020. Тяжелые металлы и мышьяк в почвах и уличной пыли Юго-Восточного административного округа г. Москвы: результаты многолетних исследований. *Почвоведение*. № 11. С. 1401–1411.
- Литвиненко Ю.С., Захарихина Л.В. 2008. Почвенные провинции Камчатки и их геохимическая характеристика. *Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле*. № 11. С. 98–112.
- Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. 1992. Москва: ЦИНАО. 57 с.
- Попова Л.Ф., Наквасина Е.Н. 2014. Нормирование качества городских почв и организация почвенно-химического мониторинга. Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова. 101 с.
- Саев Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. 1990. Геохимия окружающей среды. Москва: Недра. 335 с.
- Ступникова Н.А., Салихова Т.В. 2016. Экологическое состояние снежного покрова в г. Петропавловске-Камчатском. *Материалы VII Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование»*. С. 54–58.
- Федеральная служба государственной статистики. Транспорт. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (дата обращения: 19.05.2022).
- Хеттипатирана Т., Мельник М.И. 2014. Определение содержания тяжелых и токсичных металлов в почвах с использованием атомно-эмиссионного спектрометра с микроволновой плазмой. Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. № 6. С. 728–733.
- Яковлева С.Н., Фаткуллин Р.Р. 2019. Содержание тяжелых металлов в системе почва – медоносное растение на территории техногенных ландшафтов. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. № 1 (75). С. 20–21.
- Davydova S. 2005. Heavy metals as toxicants in big cities. *Microchemical Journal*. Vol. 79. P. 133–136.
- Gong Q., Deng J., Xiang Y. et al. 2008. Calculating pollution indices by heavy metals in ecological geochemistry assessment and a case study in parks of Beijing. *Journal of China University of Geosciences*. Vol. 19. P. 230–241.
- Håkanson L. 1980. An ecological risk index for aquatic. Pollution control: A sedimentological approach. *Water Research*. Vol. 14. P. 975–1001.

- Kabata-Pendias A. 2011. Trace elements in soils and plants. 4th ed. Boca Raton: CRS Press. 548 p.
- Kerimray A., Baimatova N., Ibragimova O.P. et al. 2020. Assessing Air Quality Changes in Large Cities during COVID-19 Lockdowns: The Impacts of Traffic-free Urban Conditions in Almaty, Kazakhstan. *Science of The Total Environment*. Vol. 730. P. 139–179.
- Kowalska J.B., Mazurek R., Gąsiorek M., Zaleski T. 2018. Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination – A review. *Environmental Geochemistry and Health*. Vol. 40. P. 2395–2420.
- Le Quéré C., Jackson R.B., Jones M.W. et al. 2020. Temporary Reduction in Daily Global CO₂ Emissions during the COVID-19 Forced Confinement. *Nature Climate Change*. Vol. 10. P. 647–653.
- Müller G. 1969. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. *Geochemical Journal*. Vol. 2. P. 108–118.
- Nowrouzi M., Pourkhabbaz A. 2014. Application of geoaccumulation index and enrichment factor for assessing metal contamination in the sediments of Hara Biosphere Reserve, Iran. *Chemical Speciation & Bioavailability*. Vol. 26. P. 99–105.
- Sharma V., Singh P. 2015. Heavy metals pollution and its effects on environment and human health. *International Journal of Recent Scientific Research*. Vol. 6. Issue 12. P. 7752–7755.
- Varol M. 2011. Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 195. P. 355–364.
- Wang P., Chen K., Zhua S. et al. 2020. Severe Air Pollution Events Not Avoided by Reduced Anthropogenic Activities during COVID-19 Outbreak. *Resources, Conservation & Recycling*. Jul; 158:104814. DOI: 10.1016/j.resconrec.2020.104814. Epub 2020.

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 KamchatGTU (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 55. P. 89–100 (in Russian).
- Voskresenskaya O.L., Voskresenskiy V.S., Alyabysheva E.A. 2013. Accumulation of heavy metals in soil and plants in locations gathering and temporary storage solid waste. *Sovremenniy problemiy nauki i obrazovaniya (Modern problems of science and education)*. № 2. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=8659> (accessed: 15.05.2022). (in Russian).
- Ginzburg A.S., Semenov V.A., Semutnikova E.G. et al. 2020. Impact of COVID-19 lockdown on air quality in Moscow. *Doklady Earth Sciences*. Vol. 495. № 1. P. 862–866.
- GOST 17.4.4.02.2017 Soils. Methods of selection and preparation of samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis. 2018. Moscow: Standartinform. 21 p. (in Russian).
- Golokhvast K.S., Zhakov V.V., Nikiforov P.A. et al. 2014. Atmospheric suspensions of Petropavlovsk-Kamchatsky city according to snow pollution: ecological analysis. *Bulleten' fiziologii i patologii dyhaniya (Bulletin Physiology and Pathology of Respiration)*. № 53. P. 89–94 (in Russian).
- HN 2.1.7.2042-09 Approximate permissible concentration (APC) of chemical

- substances in the soil. 2009. Moscow: Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor. 11 p. (in Russian).
- Gusev N.F., Filippova A.V., Trubnikov V.V., Nemereshina O.N. 2015. The content of heavy metals in common yarrow raw-stuff exposed to the impact of Gaisky mining-processing plant. *Izvestia Orenburskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Izvestia Orenburg State Agrarian University)*. № 6 (56). P. 218–220 (in Russian).
- Deligodina Yu.N., Zakharova O.L., Saveleva I.N., Shanina E.V. 2017. Features of deposition of heavy metals in the soil cover of territories of influence of the enterprises of power system of different power. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya (Advances in Current Natural Sciences)*. № 7. P. 71–75 (in Russian).
- Report on the environmental situation in the Kamchatka territory in 2020. 2021. Petropavlovsk-Kamchatsky: Ministry of Natural Resources and Ecology of the Kamchatka Territory. 385 p. (in Russian).
- Drogaitseva A.A., Petrova G.V. 2014. Accumulation of heavy metals in the ecosystem «soil – plants» of *Melampyrum L. arvense* in the steppe zone of Orenburg Preduralye. *Izvestia Orenburskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Izvestia Orenburg State Agrarian University)*. № 6 (50). P. 144–146 (in Russian).
- Zharikova E.A. 2021. Assessment of heavy metals content and environmental risk in urban soils. *Izvestia Tomskogo politehnicheskogo universiteta. Inzhiniring georursov (Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering)*. Vol. 332. № 1. P. 164–173 (in Russian).
- Zakharikhina L.V., Litvinenko Yu.S. 2019. Volcanism and geochemistry of soil and vegetation cover of Kamchatka. Communication 2. Specificity of forming the elemental composition of volcanic soil in cold and humid conditions. *Vulkanologia i seismologia (Journal of Volcanology and Seismology)*. Vol. 13. № 3. P. 149–156.
- Karpachevskii L.O., Alyabina I.O., Zakharikhina L.V. et al. 2009. Soils of Kamchatka. Moscow: Geos. 224 p. (in Russian).
- Ladonin D.V., Mikhaylova A.P. 2020. Heavy Metals and Arsenic in Soils and Street Dust of the Southeastern Administrative District of Moscow: Long-Term Data. *Pochvovedenie (Eurasian Soil Science)*. Vol. 53. № 11. P. 1635–1644.
- Litvinenko Yu.S., Zakharikhina L.V. 2008. Kamchatka soil provinces and their geochemical characteristic. *Vestnik KRAUNTS. Seriya: Nauki o Zemle (Bulletin of Kamchatka Regional Association "Educational-Scientific Center". Earth Sciences)*. № 11. P. 98–112 (in Russian).
- Guidance document on the determination of heavy metals in farmland soils and crop production. 1992. Moscow: CINAO. 57 p. (in Russian).
- Popova L.F., Nakvasina E.N. 2014. Rationing of urban soils quality and soil-chemical monitoring organization. Arkhangel'sk: Northern (Arctic) Federal University. 101 p. (in Russian).
- Saet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P. et al. 1990. Geochemistry of the environment. Moscow: Nedra Publ. 335 p. (in Russian).
- Stupnikova N.A., Salikhova T.V. 2016. The ecological state of snow cover in Petropavlovsk-Kamchatsky. *Proceedings of National (All-Russian) scientific and practical conference "Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use"*. P. 54–58 (in Russian).
- Federal State Statistics Service. Official Statistics. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (accessed: 19.05.2022).
- Hettipathirana T., Melnik M.I. 2014. Determination of heavy and toxic metals in soils using atomic emission spectrometer

- with microwave plasma. *Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings*. № 6. P. 728–733 (in Russian).
- Yakovleva S.N., Fatkullin R.R. 2019. Content of heavy metals in the system soil – a copper-growing plant on the territory of technology landscapes. *Izvestia Orenburskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Izvestia Orenburg State Agrarian University)*. № 1 (75). P. 20–21 (in Russian).
- Davydova S. 2005. Heavy metals as toxicants in big cities. *Microchemical Journal*. Vol. 79. P. 133–136.
- Gong Q., Deng J., Xiang Y. et al. 2008. Calculating pollution indices by heavy metals in ecological geochemistry assessment and a case study in parks of Beijing. *Journal of China University of Geosciences*. Vol. 19. P. 230–241.
- Håkanson L. 1980. An ecological risk index for aquatic. Pollution control: A sedimentological approach. *Water Research*. Vol. 14. P. 975–1001.
- Kabata-Pendias A. 2011. Trace elements in soils and plants. 4th ed. Boca Raton: CRS Press. 548 p.
- Kerimray A., Baimatova N., Ibragimova O.P. et al. 2020. Assessing Air Quality Chanes in Large Cities during COVID-19 Lock-downs: The Impacts of Traffic-free Urban Conditions in Almaty, Kazakhstan. *Science of The Total Environment*. Vol. 730. P. 139–179.
- Kowalska J.B., Mazurek R., Gąsiorek M., Zaleski T. 2018. Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination – A review. *Environmental Geochemistry and Health*. Vol. 40. P. 2395–2420.
- Le Quéré C., Jackson R.B., Jones M.W. et al. 2020. Temporary Reduction in Daily Global CO₂ Emissions during the COVID-19 Forced Confinement. *Nature Climate Change*. Vol. 10. P. 647–653.
- Müller G. 1969. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. *Geochemical Journal*. Vol. 2. P. 108–118.
- Nowrouzi M., Pourkhabbaz A. 2014. Application of geoaccumulation index and enrichment factor for assessing metal contamination in the sediments of Hara Biosphere Reserve, Iran. *Chemical Speciation & Bioavailability*. Vol. 26. P. 99–105.
- Sharma V., Singh P. 2015. Heavy metals pollution and it's effects on environment and human health. *International Journal of Recent Scientific Research*. Vol. 6. Issue 12. P. 7752–7755.
- Varol M. 2011. Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 195. P. 355–364.
- Wang P., Chen K., Zhua S. et al. 2020. Severe Air Pollution Events Not Avoided by Reduced Anthropogenic Activities during COVID-19 Outbreak. *Resources, Conservation & Recycling*. Jul; 158:104814. DOI: 10.1016/j.resconrec.2020.104814. Epub 2020.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Авдошенко Виктория Геннадьевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук; доцент кафедры «Экология и природопользование»; vikaav91@mail.ru. SPIN-код: 2784-7863, Author ID: 926402.

Avdoshchenko Viktoria Gennadevna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences; Associate Professor of Ecology and Nature Management Chair; vikaav91@mail.ru. SPIN-код: 2784-7863, Author ID: 926402.

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

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

ОСОБЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ КАМЧАТСКИХ ПОЧВ И НЕОБХОДИМОСТЬ ИХ СОХРАНЕНИЯ

Казаков Н.В.

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

В настоящей статье приводятся характеристики четырех почв Камчатского полуострова, наиболее нуждающихся в охране. Для двух из них выделены эталонные участки, которые предлагаются для включения в Красную книгу почв России. Описана их морфология, приведены фотографии почвенных профилей, картосхемы их расположения. Один из участков характеризует зональную для региона охристую типичную почву, другой – редкую почву на диатомитовых отложениях. В качестве эталона первой почвы предложен участок, расположенный в районе пос. Сосновка, Елизовского района, послуживший в свое время основой для наиболее полного ее описания. Эталоном второй почвы является небольшое по площади понижение в рельефе, расположенное у южной оконечности Срединного хребта в долине реки Плотникова, представляющее собой единственное местонахождение этой почвы на полуострове. Каждому предлагаемому для охраны участку рекомендуется придать охраняемый статус «Памятник природы» регионального значения.

Ключевые слова: Камчатка, красная книга почв, охристая типичная почва, почва на диатомитовых отложениях.

PECULIARITIES OF SOME KAMCHATKA SOILS AND NECESSITY OF THEIR PRESERVATION

Kazakov N.V.

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

The characteristics of four soils of the Kamchatka Peninsula that are mostly needed protection are presented in the article. Reference plots have been allocated for two of them, which are proposed for inclusion in the Red Book of Soils of Russia. Their morphology is described; photos of soil profiles, cartographies of their location are given. One of the sites characterizes ochre typical soil which is zonal for the region, the other – a rare soil on diatomite deposits. A plot located in the area of the village Sosnovka (Yelizovsky district) which earlier was the basis for the most complete description of the first soil was proposed as a reference for it. The reference for the second soil is a small relief lowering, located at the southern tip of Sredinny Range in the valley of the Plotnikov River, representing the only location of this soil on the peninsula. Each site proposed for protection is recommended to be given the protected status of a “Natural monument” of regional significance.

Key words: Kamchatka, Red Book of Soils, ochre typical soil, soil on diatomite deposits.

ВВЕДЕНИЕ

Сохранение биоразнообразия планеты требует проведения мероприятий по охране среды обитания живых организмов – воздушного и водного бассейнов, растительного и почвенного покровов [Красная книга ..., 2009]. В настоящее время кроме биологических объектов, вопросы сохранения которых достаточно теоретически обоснованы, к объектам охраны относят и почвы как особые биокосные образования, формирование и существование которых невозможно без участия широкого спектра живых организмов: от микроорганизмов, грибов, водорослей до высших растений, беспозвоночных и млекопитающих. Почва является связующим звеном биосферы, общепланетным узлом экологических связей, объединяющим в единое целое другие составляющие этой системы: земную кору, гидросферу, атмосферу, живой мир планеты.

По содержанию и количеству биологических видов почва, возможно, наиболее богатое местообитание. Известно, что при поиске микроорганизмов – продуцентов ценных антибиотиков, витаминов, ферментов, аминокислот и т. д., в большинстве случаев обращаются к почве как главному источнику разнообразных бактерий. В этой связи уместно вспомнить слова академика РАН Г.В. Добровольского «В эпоху продолжающегося натиска на природу исключительно важно понять и признать незаменимость естественной среды обитания человечества – биосферы и ее основных компонентов, среди которых почва и по сей день остается наименее оцененной, несмотря на свою поистине выдающуюся экологическую роль» [Красная книга ..., 2009, с. 7]. В связи с этим сохранение входящих в биосферу организмов не может быть успешным и становится бессмыслен-

ным, если не сохраняется главная экологическая ниша организмов суши – почва.

Сообщество почвоведов РФ в конце XX века была обоснована необходимость создания Красной книги почв России, разработаны основные принципы ее организации и построения. Первый ее выпуск имел место в 2009 г. [Красная книга ..., 2009]. В настоящее время во многих регионах России продолжается работа по формированию региональных красных книг почв (25 регионов европейской части России, 9 регионов Сибири и Дальнего Востока). Камчатский край до сих пор был в стороне от этого процесса.

Изучение камчатских почв началось более 100 лет назад. В прошлом веке и в начале современного С.Ю. Липшицем, Ю.А. Ливеровским [1937], Ю.А. Ливеровским [1959], С.В. Зонном [1963], В.О. Таргульяном [1971], И.А. Соколовым [1973], О.И. Малининым [1981], Л.О. Карпачевским и др. [2009] и иными исследователями были опубликованы результаты обработки материалов проведенных ими экспедиционных исследований. Они охватили наиболее интересные, с точки зрения почвоведения, объекты и наиболее широко распространенные типы почв. Основные работы по картированию почвенного покрова полуострова (в среднем масштабе) проводились в середине XX века в период их активного сельскохозяйственного освоения. Площади, охваченные крупномасштабной съемкой, были приурочены к равнинным и заболоченным территориям вблизи населенных пунктов, наиболее пригодным к сельскохозяйственному использованию. За это время на территории Камчатского края при всех различиях в тематической направленности и существовавших классификационных подходах разными исследователями было выделено около 30 типов и подтипов почв [Жаков, 2007].

Важно отметить, что всеми почвоведом отмечалась недостаточная изученность почвенного покрова Камчатки.

Вместе с тем именно Камчатка может и должна стать активным участником движения по выделению и охране почв, поскольку именно здесь в наибольшей степени наблюдаются своеобразие и оригинальные сочетания основных факторов почвообразования, наиболее выраженным из которых является активный вулканизм. Уже одно это резко отличает почвы Камчатки от всех типов почв России.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При выделении типов почв, рекомендуемых для охраны в Камчатском регионе, автор руководствовался основными принципами, изложенными в книге «Красная книга почв России: Объекты Красной книги и кадастра особо ценных почв» [Красная книга ..., 2009].

Наиболее характерными и отвечающими требованиям, сформулированным в этой книге, для Камчатки являются:

1) типичные для данной территории почвы, но в значительной степени подвер-

гающиеся угрозам антропогенной трансформации;

2) естественные, ненарушенные (эталонные) типичные зональные почвы;

3) редкие и уникальные почвы, имеющие незначительные ареалы, в настоящее время не подвергающиеся угрозам уничтожения и трансформации;

4) редкие и уникальные почвы с незначительными ареалами, подвергающиеся угрозам уничтожения и трансформации.

Кроме перечисленных типов почв, упомянутые выше авторы предложили к охране также другие категории особо ценных почв – освоенные человеком и окультуренные почвы. Они в настоящей публикации не рассматриваются в связи с крайне малой распространенностью на полуострове.

Описания почв, предлагаемых для охраны в Камчатском крае, были составлены на основе изучения двух почвенных разрезов. Один из них (рис. 1, *A*) был описан И.А. Соколовым на участке с координатами N 53°05'09", E 158°17'40" (рис. 1, *B*), другой (рис. 2, *B*) – Н.В. Казаковым на участке, расположенном у южной оконечности Срединного хребта в долине реки Плотникова с координатами N 53°11'36", E 157°25'21" (рис. 2, *C*).

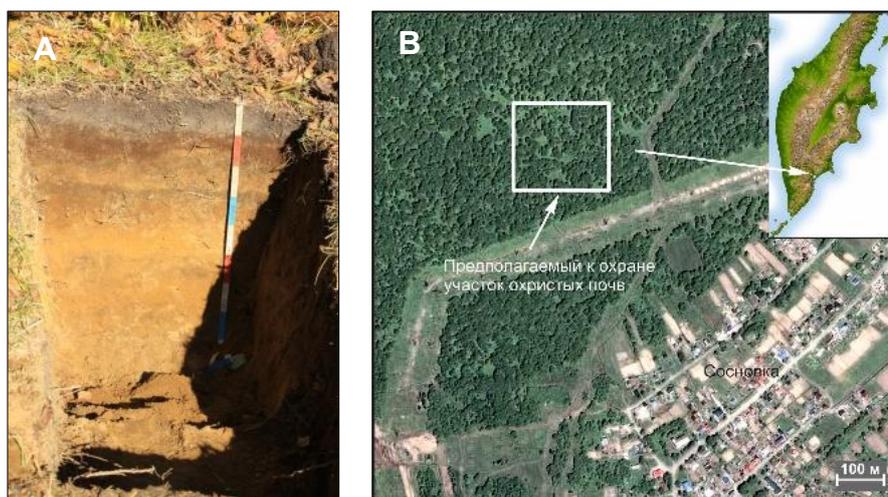


Рис. 1: *A* – охристые почвы в окрестностях с. Сосновка. Фото Н.В. Казакова; *B* – предлагаемый к охране участок охристых типичных почв в районе с. Сосновка

Fig. 1: *A* – ochre soils in the vicinity of Sosnovka village. Photo by N.V. Kazakov; *B* – a site of ochre typical soils proposed for protection in the area of Sosnovka village

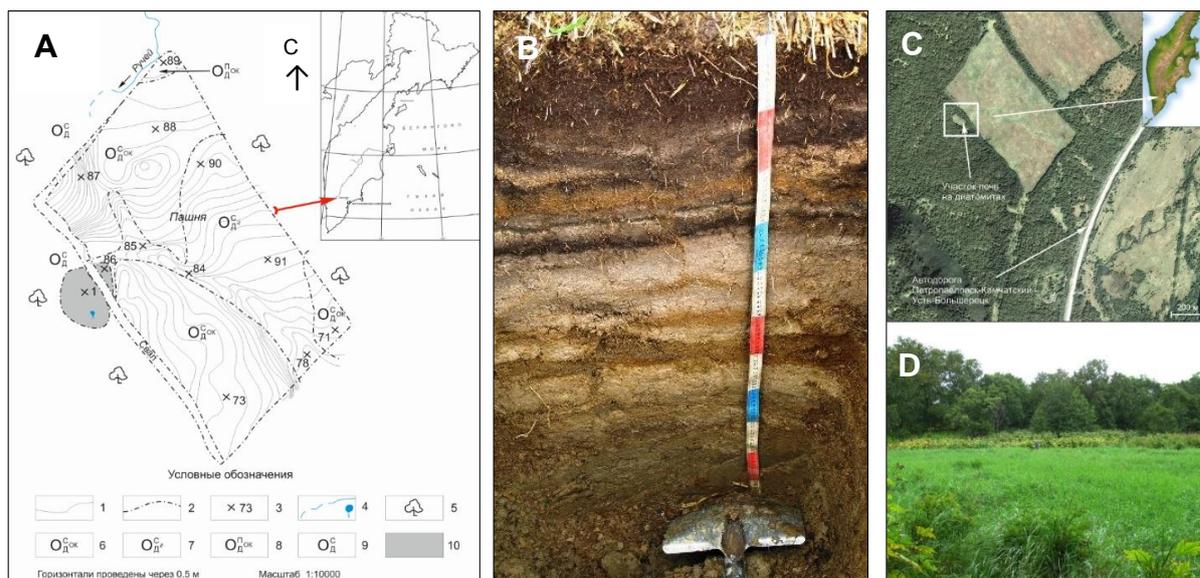


Рис. 2: А – Схема расположения почв на диатомитах. Условные обозначения: 1 – горизонталы, 2 – границы почв, 3 – почвенные разрезы, их номер, 4 – водные объекты, 5 – камменноберезовый лес, 6 – светло-охристые дерновые супесчаные слабокультуренные почвы, 7 – светло-охристые дерновые супесчаные глееватые слабокультуренные почвы, 8 – светло-охристые дерново-перегнойные супесчаные слабокультуренные почвы, 9 – светло-охристые дерновые супесчаные почвы, 10 – контур почв на диатомитах; В – Профиль почвы на диатомитах. Фото М.П. Вяткиной; С – Предлагаемый к охране участок почв на диатомитах; D – Общий вид участка, занятого почвами на диатомитах. Фото М.П. Вяткиной

Fig. 2: A – The layout of soils on diatomites. Symbols: 1 – horizontals, 2 – soil boundaries, 3 – soil sections, their number, 4 – water bodies; 5 – stone birch forest, 6 – light ochre sod sandy loam lightly cultivated soils, 7 – light ochre sod sandy loam gleyey lightly cultivated soils, 8 – light ochre sod-humus sandy loam lightly cultivated soils, 9 – light ochre sod sandy loam soils, 10 – contour of soils on diatomites; B – Soil profile on diatomites. Photo by M.P. Vyatkina; C – The site of soils on diatomites proposed for protection; D – General view of the area occupied by soils on diatomites. Photo by M.P. Vyatkina

Описание почвенных разрезов проводилось по стандартной методике, от поверхности до подстилающих пород. Описание охристой типичной почвы соответствует описанию, приведенному в книге И.А. Соколова «Вулканизм и почвообразование на примере Камчатки». Мощность охристой почвы составляла от 0,8 до 0,9 м. Для почвы на диатомитах она не превышала 0,75 м. Состав диатомитов был определен М.С. Лящевской и Т.А. Гребенниковой и описан нами в работе [Казakov и др., 2013]. Данные по сельскохозяйственной освоенности почв Камчатского края, их состоянию приводятся по [Доклад ..., 2020].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным Управления Росреестра по Камчатскому краю на 01.01.2020 г. [Доклад ..., 2020], площадь земельного фонда Камчатского края составляла 46 427, 5 тыс. га, из них 44 223,7 тыс. га – земли лесного фонда; 672,3 тыс. га – земли запаса, 1 098,3 тыс. га – земли особо охраняемых территорий; 142,6 тыс. га – земли промышленности и транспорта; 102,5 тыс. га – земли населенных пунктов; и только 188,1 тыс. га – земли сельхозназначения, что составляет 0,4% всех земель. Наиболее изученными среди них оказались последние. Огромные территории лесного фонда, особенно горные и тундровые участки, почти не

охарактеризованы. В материалах лесоустройства для них указаны лишь тип, механический состав и увлажненность.

Ниже рассмотрены упомянутые выше в разделе «Материалы и методы» почвы, нуждающиеся в охране.

1. Почвы, типичные для данной территории, но в значительной степени подвергающиеся угрозам антропогенной трансформации.

К этой категории относятся почвы земель сельскохозяйственного назначения, в том числе используемые под пашню, площади, занятые дорогами, постройками, населенными пунктами и т. д. Для этих категорий земель нельзя выделить предпочтительно используемые типы почв. Только для земель сельхозназначения можно отметить, что условия географического расположения и рельефа определяют преобладание в этой категории охристых, слоисто-пепловых, мелиорированных торфяно-болотных и пойменных почв. Земли населенных пунктов, промышленности и транспорта могут быть представлены самыми различными типами почв, с преобладанием минеральных, и для них характерно практически полное разрушение или трансформация почвенных профилей на значительной площади. По состоянию на 01.01.2020 г. общая площадь нарушенных земель на территории Камчатского края составляет 2,9 тыс. га. Наибольшие площади нарушенных земель расположены на землях запаса – 1,2 тыс. га – и землях лесного фонда – 0,7 тыс. га (42 и 24% от всех нарушенных на территории Камчатского края земель соответственно). Данные сведения подлежат корректировке и уточнению, поскольку хозяйствующие субъекты, нарушающие почвенный слой, не предоставляют информацию о нарушенных землях и их категориях и не сдают проекты рекультивации земель в государственный фонд дан-

ных, полученных в результате проведения землеустройства [Доклад..., 2020].

Необходимо учитывать, что не вся площадь земель сельскохозяйственного назначения используется под пашню, и в то же время часть земель лесного фонда используется на арендных условиях для выпаса крупного рогатого скота, и еще большая площадь используется в качестве оленьих пастбищ и в традиционном природопользовании народов Севера. Столь малая доля интенсивно используемых в сельском хозяйстве почв объясняется тем, что полуостров Камчатка – в основном горная страна, а северная материковая часть – горная и тундровая территория, с широким распространением многолетней (вечной) мерзлоты, малопригодная для пахотных земель [Ливеровский, 1959].

Исторически сложилось, что наибольшая площадь пахотных и мелиорированных земель сосредоточена в районах городов Петропавловска-Камчатского и Елизово и сел: Мильково, Шаромы, Долиновка, Лазо, Майское, Ключи, Апача, Усть-Больше-рецк, Соболево [Липшиц, Ливеровский, 1937]. Небольшие площади (до 1 000 га) пахотных и мелиорированных земель имеются и у крупных поселений (районных центров) – Тигиль, Палана, Оссора, Каменское, Эссо, Запорожье и др. Часть этих пахотных земель в настоящее время заброшена. В 80-е годы XX века освоенность земель агломерации Петропавловск – Елизово практически достигла предела, ограничиваясь крутизной горных склонов, водоохранными зонами и селитебными территориями.

К настоящему времени основные площади охристых, слоисто-охристых почв равнинных территорий, а также в значительной степени болотных торфяных низинных, пойменных и старопойменных почв Авачинской низменности относятся

к антропогенно-измененным. И для этой территории уже необходимо сохранение основных, наиболее изученных и распространенных почв. Так, в качестве эталона пахотных охристых почв долины р. Авачи можно рассмотреть участки земель бывшего совхоза «Заречный» между реками Авачей и Пиначевской; для мелиорированных торфяников и торфяно-глеевых почв – участки осушительных систем левобережья р. Авачи в районе 24–26 километров автодороги Петропавловск – Елизово.

2. Естественные, ненарушенные (эталонные) типичные зональные почвы.

К данной категории в пределах Камчатского региона можно отнести охристую типичную почву, развивающуюся под лесами из каменной березы (*Betula ermanii Cham.s.l.*).

Сохранение почв этой категории важно для установления изменений почв в процессе их эволюции, сельскохозяйственного и иного использования. В настоящее время на территории Камчатки именно как природный объект почвы не охраняются. В то же время их законодательная охрана как элемента биогеоценоза осуществляется на территориях заповедников, природных парков, памятников природы и заказников. Запрет загрязнения и механического нарушения почвенного покрова содержится и в положениях о защитных полосах вдоль нерестовых водотоков.

Необходимо отметить, что угрозы утраты почв, относящихся к широко представленным типам почв Камчатки (вулканическим охристым, слоисто-пепловым, торфяным олиготрофным, торфяным переходным, сухоторфянистым подбурам, тундровым вулканическим иллювиально-железистым, горным примитивным) пока отсутствуют. Это объясняется крайне слабой освоенностью территории края, что не

исключает возможность нарушений почвенного покрова на отдельных локальных участках, приуроченных к активной хозяйственной деятельности.

Земли лесного фонда, особо охраняемых территорий и земли запаса, составляющие 99,06% территории края (45 994,3 тыс. га), практически не освоены и слабо нарушены (в основном механическими и эрозийными нарушениями, дорогами и проездами). Значительная доля земель этих категорий пройдена пожарами различной интенсивности.

В начале века к имевшимся на территории края особо охраняемым территориям, в которых естественные почвы охранялись как компонент биосферы (Кроноцкий биосферный заповедник, Корякский заповедник, Южно-Камчатский федеральный заказник), прибавились существенные площади Командорского заповедника, природных парков, вошедших в номинацию ЮНЕСКО «Всемирное природное наследие». На их территориях охрана почв предусмотрена в положениях о природных парках. Географическое расположение парков позволило расширить спектр охраняемых почв, характерных в основном для горных ландшафтов южной Камчатки, центральной части Среднего хребта и горных хребтов Восточного побережья. Менее представлены почвы Центрально-Камчатской депрессии; очень слабо охвачены почвы Западно-Камчатской низменности.

По нашему мнению, наиболее подходит для включения в Красную книгу почв самый известный и изученный тип почв Камчатки – охристые [Соколов, 1973]. Охристые почвы в основном развиваются под лесами из каменной березы, то есть в пределах земель лесного фонда [Шамшин, 1999]. Их ареал частично охватывает пологие склоны и равнины, высокие надпой-

менные террасы; он больше всего пригоден к сельскохозяйственному освоению и освоен сельским хозяйством. Именно поэтому наиболее актуально сохранение эталона охристых почв, первоначально описанных и проанализированных авторитетными исследователями почв Камчатки [Соколов, 1973], еще сохранившегося под слабонарушенными каменноберезняками в окрестностях Петропавловска (см. рис. 1, А). По нашему мнению, в качестве одного из объектов Красной книги почв Камчатки может быть участок неосвоенных типичных охристых почв под каменноберезовым лесом площадью около 10 га к северу от пос. Сосновка Елизовского района (см. рис. 1, В). Эти почвы наиболее соответствуют по своим свойствам эталону ненарушенных охристых почв.

Ниже приводится фотография охристой почвы и предлагаемое место расположения памятника природы. Описание профиля почвы и ее свойств содержится в книге «Вулканизм и почвообразование» [Соколов, 1973].

3. Редкие и уникальные почвы, имеющие незначительные ареалы, в настоящее время не подвергающиеся угрозам уничтожения и трансформации.

К редким и уникальным почвам, достойным особой охраны, можно отнести оригинальные почвы на диатомитовых отложениях, обнаруженные автором в процессе почвенно-мелиоративных изысканий на территории совхоза «Начикинский» [Казаков, 2011, Казаков и др., 2013], сформированные в западине на склоне южной части Срединного хребта (см. рис. 2, А), у развилки автодороги Петропавловск-Камчатский – Мильково – Усть-Большерецк.

Согласно В.В. Докучаеву [цит. по: Розанов, 1975, стр. 9] «Почвы – эти вечно изменяющиеся функции от а) климата (вода,

температура, кислород, углекислота воздуха и пр.); б) материнских горных пород; в) растительных и животных организмов – особенно низших; д) рельефа и высоты местности и, наконец, е) почвенного, а частью и геологического, возраста страны...». Для данной почвы характерны следующие особенности, отличающие ее от «типичных» камчатских почв: материнская порода представлена смесью органического материала (оторфованные и в разной степени гумифицированные остатки травянистой растительности, диатомовых водорослей) и вулканических пеплов; среди растительных и животных организмов – явное преобладание, по крайней мере, в прошлом, влияния диатомовых водорослей (см. рис. 2, В, светлые прослойки). Для остальных факторов почвообразования различия не существенны. Таким образом, данная почва является достаточно специфичной по двум факторам почвообразования и на этом основании достойна к занесению в Красную книгу почв Камчатки. Эту почву нельзя отнести к широко распространенным в окрестностях типам охристых, перегнойно-охристых, охристо-подзолистых и агроохристых почв в связи с отсутствием в ее профиле диагностического охристого горизонта. Также резко почва отличается от торфянистых и торфяно-болотных почв. В практически одинаковых условиях почвообразования на данном конкретном участке образовались залежи диатомитов, а вокруг формировались обычные торфяники и торфяно-болотные почвы. В силу своей необычности эта почва и условия ее образования требуют дальнейшего изучения.

Участок, занятый почвой на диатомитах, не используется в сельском и лесном хозяйстве (см. рис. 2, D), имеет четко очерченные границы. Введение охранного статуса не приведет к ограничениям природопользования. Площадь участка может

составить первую сотню гектаров, включая охранную зону (см. рис. 2, С).

Охрану возможно организовать путем организации особо охраняемой территории краевого уровня со статусом «Памятник природы», с соответствующим режимом. Описание почвы и ее свойств приводится в работах [Казаков, 2011; Казаков и др., 2013].

4. Редкие и уникальные почвы с незначительными ареалами, подвергающиеся угрозам уничтожения и трансформации.

Как в любом уголке России, имеются небольшие, но выбивающиеся из общих закономерностей формирования почв отдельные «почвенные индивидуумы», характеризующиеся особыми, редко встречающимися (гипертрофированными) сочетаниями факторов почвообразования. К числу таких можно отнести почвы, формирующиеся под влиянием гидротермальных процессов – термоземы дерновые и термоземы дерновые глеевые [Гольдфарб, 2005]. Эти почвы не включены в последнюю версию классификации почв РФ [Классификация, 2004].

Огромное разнообразие химического состава минеральных вод, температурного режима, ландшафтных условий приводят к индивидуальности и уникальности почв у каждого источника. По мере удаления от места выхода источника возникает спектр ареалов почв с различной тепло-влажностнообеспеченностью, с постепенным изменением оригинального микробоценоза, формировавшегося, по меньшей мере, в течение послеледникового периода (около 10 тысяч лет). Учитывая стремительное вовлечение в сферу туристического бизнеса территорий горячих источников, необходимо сохранить для изучения максимальное количество естественных почв. В то же время для почв окрестностей тер-

мальных источников отмечается наиболее критическое состояние. Этим почвам опасно как изменение гидротермального режима, связанное с отбором горячих вод для отопления, бальнеологии и бассейнов, так и механические нарушения при обустройстве территории, строительстве и прочей хозяйственной деятельности.

Многочисленные примеры таких нарушений можно наблюдать у Апачинских (рис. 3, А), Налычевских (рис. 3, В), Уксичанских и других источников. Выделение почв конкретных территорий в качестве особо охраняемых крайне необходимо, при этом требуется их первичное целенаправленное изучение и обоснование. К сожалению, для этих работ в современных условиях трудно найти источники финансирования и квалифицированных исполнителей. От безвозвратной потери уникальных термоземов могут спасти лишь их труднодоступность и удаленность, хотя бы в малой степени препятствующие антропогенному разрушению.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наряду с красными книгами растений и животных, по аналогии с другими регионами России, в Камчатском крае должна быть создана и Красная книга почв Камчатского края.

Почвы Камчатского края, в силу своей специфики, должны быть включены в Красную книгу почв России.

Наиболее уязвимы и нуждаются в охране почвы у термальных источников, что связано с интенсивным развитием туристической деятельности.

На современном уровне изученности возможна организация двух, небольших по площади, особо охраняемых территорий в статусе «Памятник природы» для сохранения охристых типичных почв и почв на диатомитовых отложениях.



Рис. 3: *A* – Апачинские источники. Полное разрушение черноземов при строительстве водозабора. Фото Н.В. Казакова; *B* – Налычевские источники. Разрушающийся травертиновый купол источника «Большой котел». Фото М.П. Вяткиной

Fig. 3: *A* – Apachinsky springs. Complete destruction of chernozems during the construction of a water intake. Photo by N.V. Kazakov; *B* – Nalichevo springs. The collapsing travertine dome of the spring “Bolshoy kotyol”. Photo by M.P. Vyatkina

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает искреннюю благодарность коллегам, оказавшим неоценимую помощь при написании этой работы: В.Г. Дирксен, М.П. Вяткиной, Е.В. Дульченко, Ю.В. Савенковой.

ЛИТЕРАТУРА

Гольдфарб И.Л. 2005. Влияние гидротермального процесса на почвообразование (на примере Камчатки). *Автореферат диссертации ... канд. биол. наук*. Москва: МГУ. 24 с.

Доклад о состоянии окружающей среды в Камчатском крае в 2019 году. 2020. Министерство природных ресурсов и экологии Камчатского края. Петропавловск-Камчатский. 403 с.

Зонн С.В., Карпачевский Л.О., Стефин В.В. 1963. Лесные почвы Камчатки. Москва: Изд-во АН СССР. 253 с.

Казаков Н.В. 2007. История изучения почв Камчатки. *Материалы Международной научной конференции, посвящённой 275-летию с начала Второй Камчатской экспедиции (1732–1733 гг.) «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. С. 46–50.

Казаков Н.В. 2011. Почва на диатомитовых отложениях Южной Камчатки (первое описание). *Вестник Камчатской региональной ассоциации «Учебно-научный центр»*. Серия: *Науки о Земле*. № 2. Вып. № 18. С. 231–236.

Казаков Н.В., Лящевская М.С., Гребенникова Т.А. 2013. Условия формирования почвы на диатомитовых отложениях (Южная Камчатка). *Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле*. № 2. Выпуск № 22. С. 7–16.

Карпачевский Л.О., Алябина И.О., Захарихина Л.В. и др. 2009. Почвы Камчатки. Москва: Геос. 250 с.

- Классификация и диагностика почв России. 2004. Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена. 342 с.
- Красная книга почв России: Объекты Красной книги и кадастра особо ценных почв. 2009. Науч. ред. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Москва: МАКС Пресс. 576 с.
- Ливеровский Ю.А. 1959. Почвы равнин Камчатского полуострова. Москва: Изд-во Академии наук СССР. 129 с.
- Липшиц С.Ю., Ливеровский Ю.А. 1937. Почвенно-ботанические исследования и проблема сельского хозяйства в центральной части долины р. Камчатки. *Труды Совета по изучению производительных сил Академии наук СССР. Серия Камчатская. Вып. 4.* 250 с.
- Малинин О.И. 1981. Вулканические почвы лиственничных лесов Камчатки. *Автореферат дис. ... канд. биол. наук.* Москва: МГУ. 27 с.
- Розанов Б.Г. 1975. Генетическая морфология почв. Москва: Изд-во Московского университета. 292 с.
- Соколов И.А. 1973. Вулканизм и почвообразование (на примере Камчатки). Москва: Наука. 224 с.
- Таргульян В.О. 1971. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. Москва: Наука. 268 с.
- Шамшин В.А. 1999. Каменноберезовые леса Камчатки. Москва: ГЕОС. 169 с.
- Report on the state of the environment in the Kamchatka Territory in 2019. 2020. Ministry of natural resources and ecology of the Kamchatka Territory. Petropavlovsk-Kamchatsky. 403 p. (in Russian).
- Zonn S.V., Karpachevsky L.O., Stefin V.V. 1963. Forest soils of Kamchatka. Moscow: Akad. Nauk SSSR Publ. 253 p. (in Russian).
- Kazakov N.V. 2007. History of the study of Kamchatka soils. *Proceedings of International scientific conference dedicated to the 275th anniversary of the beginning of the Second Kamchatka Expedition (1732–1733) "Conservation of the biodiversity of Kamchatka and adjacent seas"*. P. 46–50 (in Russian).
- Kazakov N.V. 2011. Soil on diatomite deposits of Southern Kamchatka (first description). *Vestnik Kamchatskoy regional'noy assotsiatsii "Uchebno-nauchnyy tsentr". Seriya: Nauki o Zemle (Bulletin of Kamchatka regional association "Educational-scientific center". Earth sciences).* № 2. Issue № 18. P. 231–236 (in Russian).
- Kazakov N.V., Lyashevskaya M.S., Grebennikova T.A. 2013. Conditions of soil formation on diatomite deposits (Southern Kamchatka). *Vestnik Kamchatskoy regional'noy assotsiatsii "Uchebno-nauchnyy tsentr". Seriya: Nauki o Zemle (Bulletin of Kamchatka regional association "Educational-scientific center". Earth sciences).* № 2. Issue № 22. P. 7–16 (in Russian).
- Karpachevsky L.O., Alyabina I.O., Zakharikhina L.V. et al. 2009. Soils of Kamchatka. Moscow: Geos Publ. 250 p. (in Russian).
- Classification and diagnostics of soils in Russia. 2004. Authors and compilers: L.L. Shishov, V.D. Tonkonogov, I.I. Lebedeva, M.I. Gerasimova. Smolensk. Oycumena Publ. 342 p. (in Russian).

REFERENCES

Goldfarb I.L. 2005. The influence of the hydrothermal process on soil formation (on the example of Kamchatka). *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences.* Moscow: MSU Publ. 24 p. (in Russian).

- Red Book of Soils of Russia: Objects of the Red Book and the cadastre of especially valuable soils. 2009. Scientific editors: Dobrovolsky G.V., Nikitin E.D. Moscow: MAKS Press. 576 p. (in Russian).
- Liverovsky Yu.A. 1959. Soils of the plains of the Kamchatka Peninsula. Moscow: Akad. Nauk SSSR Publ. 129 p. (in Russian).
- Lipshits S.Yu., Liverovsky Yu.A. 1937. Soil and botanical research and the problem of agriculture in the central part of the Kamchatka River valley. *Trudy Soveta po izucheniyu proizvoditel'nyh sil Akademii nauk SSSR. Seriya Kamchatskaya (Proceedings of the Council for the study of productive forces of the Academy of Sciences of the USSR. Kamchatka)*. Issue 4. 250 p. (in Russian).
- Malinin O.I. 1981. Volcanic soils of the larch forests of Kamchatka. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Moscow: MSU Publ. 27 p. (in Russian).
- Rozanov B.G. 1975. Genetic morphology of soils. Moscow University Publ. 292 p. (in Russian).
- Sokolov I.A. 1973. Volcanism and soil formation (on the example of Kamchatka). Moscow: Nauka Publ. 224 p. (in Russian).
- Targulyan V.O. 1971. Soil formation and weathering in cold humid areas. Moscow: Nauka Publ. 268 p. (in Russian).
- Shamshin V.A. 1999. Stone-birch forests of Kamchatka. Moscow: GEOS Publ. 169 p. (in Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Казаков Николай Владимирович – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; старший научный сотрудник лаборатории экологии растений; nvkazakov@yandex.ru; SPIN-код: 8108-6716; Author ID: 618619.

Kazakov Nikolay Vladimirovich – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS; 683024, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Senior Researcher, Plant Ecology Laboratory; nvkazakov@yandex.ru; SPIN-code: 8108-6716; Author ID: 618619.

АГРОХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ ПОРОДНОГО ОТВАЛА БАРЗАССКОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ*

Серазетдинова Ю.Р., Дышлюк Л.С., Фотина Н.В., Осинцева М.А., Голубцова Ю.В.

Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, ул. Красная, 6.

Барзасский район Кемеровской области слабо освоен промышленностью, однако крупные площади земель уже подлежат отчуждению. Для грамотного осуществления процесса рекультивации нарушенных территорий важно понимать степень деградации почвенных покровов, поэтому целью работы являлось изучение агрохимических и микробиологических свойств почв породного отвала Барзасской обогатительной фабрики. В ходе работы изучены образцы почв с поверхностного слоя отвала, а также с границ железнодорожной защитной лесополосы. Изученные почвы отвала относят к слабощелочным (среднее значение pH 7,899). Почвы, отобранные с железнодорожной защитной лесополосы, подверглись закислению. В образцах отмечено низкое содержание азота (аммонийный и нитратный – <5,0 и <2,8 мг/кг соответственно). Обнаружено значительное содержание, свидетельствующее о засолении. Установлено, что закисление почв техногенно нарушенных территорий приводит к нарушению микробиоты почв, увеличению содержания в них условно-патогенных микроорганизмов.

Ключевые слова: агрохимические показатели, микробиологические показатели, почвы, отвалы, рекультивация.

AGROCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF BARZASSKY PROCESSING FACTORY ROCK DUMP SOILS

Serazetdinova Y.R., Dyshlyuk L.S., Fotina N.V., Osintseva M.A., Golubtsova Yu.V.

Kemerovo State University, Kemerovo, Krasnaya Str. 6.

The Barzassky district of the Kemerovo region is poorly developed by industry, but large areas of land are already subject to alienation. For the competent implementation of the process of disturbed territories recultivation, it is important to understand the degree of degradation of soil covers. Therefore, the purpose of the work was to study the agrochemical and microbiological properties of Barzassky processing factory rock dump soils. In the course of the work, soil samples from the surface layer of the dump as well as from the borders of the railway protective forest belt were studied. The studied soils of the dump are classified as slightly alkaline (average pH 7.899). The soils selected from the railway protective forest belt were subjected to acidification. The samples showed a low content of nitrogen (ammonium and nitrate – <5.0 and <2.8 mg/kg, respec-

* Работа выполнена в рамках государственного задания для выполнения научно-исследовательских работ по теме «Разработка подходов к фиторемедиации посттехногенных ландшафтов с использованием стимулирующих рост растений ризобактерий (PGPB) и «омиксных» технологий», дополнительное соглашение № 075–03–2021–189/4 от 30.09.2021 (внутренний номер 075–ГЗ/Х4140/679/4 (The work was carried out within the framework of the state task for research on the topic “Development of approaches to phytoremediation of post-technogenic landscapes using plant growth-stimulating rhizobacteria (PGPB) and “omix” technologies”, supplementary agreement № 075–03–2021–189/4 dated 30.09.2021 (internal number 075–ГЗ/Х4140/679/4).

tively). Significant content of salinization was found. It has been established that acidification of soils in technogenically disturbed territories leads to a soil microbiota disorder and an increase of conditionally pathogenic microorganisms in them.

Key words: agrochemical indicators, microbiological indicators, soils, dumps, recultivation.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время Кузбасс является крупнейшим угольным бассейном в мире. В его недрах сосредоточено около 218 млрд т полезных ископаемых, залежи которых располагаются на глубине до 600 м. Промышленная разработка региона сосредоточена в большей степени на каменном угле, который составляет 93,4% от общего содержания. В то же время в регионе обнаруживаются практически все виды угля – от бурых до антрацитов. Причем дальнейшее развитие региона предусматривает увеличение темпов роста угледобычи. Так, согласно Стратегии социально-экономического развития Кемеровской области – Кузбасса на период до 2035 года угледобыча возрастет на 128,5 млн т [Заушинцева, Кожевников, 2017; Патраков, Писаренко, 2017; Цивилев, 2020].

Из наиболее перспективных участков разработки в Кузбассе выделяют Барзасский район, расположенный на северо-востоке Кузнецкого угольного бассейна. В нем сосредоточено большое количество полезных ископаемых, таких как бокситы, горючие сланцы, бурые железняки, а также золото. Добывают в Барзасском районе и уникальные ископаемые – угли барзасситы и сапропелиты. Последние обладают рядом свойств, которые позволяют использовать их в производстве жидких видов топлива, а также топливного газа, обладающего высокой теплотой сгорания. Запасы сапропелитовых углей участка оцениваются более чем в 2 млн т. Согласно литературным данным, пласт расположен на глубине от 12 до 215 м, а его протяжен-

ность составляет 937,5 тыс. м² [Кузнецова, Анфёров, 2017; Патраков, Писаренко, 2017].

Горнодобывающая промышленность тесно сопряжена с образованием отходов, в частности вскрышных пород. Состав их достаточно разнообразен и варьируется в зависимости от региона. В Кузбассе около половины вскрышных пород представлено песчаниками, а оставшуюся часть составляют аргиллиты и алевролиты. Такие горные породы являются твердыми, каменными, попадая в верхние слои почвы, препятствуют достаточному накоплению влаги. Также вскрышные породы содержат низкое количество минеральных веществ и азота, за счет чего снижают плодородие почв [Bragina et al., 2014; Уфимцев, 2017; Фотина и др., 2021].

В то же время вскрышные породы и угольная пыль содержат в своем составе токсичные поллютанты. К ним относятся тяжелые металлы, полициклические углеводороды, сера и др. Попадая в почву, они провоцируют деградацию растительного покрова, как на территории самого отвала, так и в близлежащих районах [Заушинцева, Кожевников, 2017; Drozdova et al., 2021].

Еще одной проблемой, вызванной образованием большого количества отходов горнодобывающей промышленности, является отчуждение земель под их хранение. Так, в настоящее время площадь техногенно нарушенных земель Кузбасса составляет 76,3 тыс. га, при этом наблюдается постоянный их прирост (на 1,05 тыс. га в год в среднем). Темпы рекультивации же значительно ниже.

В настоящий момент Барзасский район слабо освоен промышленностью, однако

крупные площади земель уже подлежат отчуждению. Так, внешний отвал, расположенный на западной части технической границы, имеет площадь в 375,33 га. Объем навалов юго-восточной части участка составляет 7 727 тыс. м³. Последующая разработка месторождения приведет к усилению антропогенной нагрузки на район, в связи с чем целесообразна разработка эффективных мер рекультивации нарушенных территорий [Мусохранов, 2020].

Для грамотного осуществления процесса рекультивации и восстановления растительного потенциала важно понимать степень техногенной нарушенности отвалов, для определения которой изучают такие показатели, как кислотность, зольность, содержание гумуса, емкость катионного обмена и др.

Особое место среди исследуемых показателей качества почв занимает кислотность. Увеличение кислотности почв в районах угледобычи оказывает негативное влияние на жизнедеятельность микроорганизмов почвы и ризосферы, приводит к дисбалансу минеральных веществ, например, увеличивает подвижность токсичных элементов, таких как мышьяк, селен, свинец, кадмий, медь, цинк и др. [Bhat et al., 2017; Kalkhoran et al., 2019; Hailegnaw et al., 2020].

Для предотвращения закисления почв необходимо извлечение из вскрышных пород сульфидов (например, с помощью десульфурации) [Tambwe et al., 2020]. В случаях, когда кислотность почв уже значительно снижена, а окисление сульфидов, ответственных за усиление кислотности, достигло своего пика, применяют известкование почв – внесение удобрений, содержащих не менее 70% карбонатов кальция [Муталибова, Муталибов, 2019; Guan et al., 2020].

Увеличение кислотности почв также способствует переходу алюминия в растворимую форму (наиболее активное раство-

рение алюминия наблюдается при pH = 4,5, при pH почвы от 6,5 до 7,5 алюминий практически не растворим). Увеличение содержания подвижного алюминия в почве препятствует развитию корневой системы растения. Данный металл конкурирует с другими катионами, необходимыми растению, за счет чего блокирует каналы транспорта кальция в растениях, значительно увеличивая риск его дефицита.

Другим методом экологического контроля плодородия почв является оценка баланса биогенных элементов, необходимых для питания растений. Понимание подвижности таких элементов и их взаимоотношения с другими компонентами почв дают возможность прогнозирования доступности их для растений.

Особенно важным элементом питания растений является азот, который оказывает влияние на метаболизм растения. Дефицит азота в почве приводит к быстрому старению растения, угнетению роста, снижению содержания хлорофилла и, как следствие, снижению скорости фотосинтеза. На техногенно нарушенных территориях недостаточное содержание азота может стать основным препятствием для восстановления растительного покрова, так как присутствующие в таких почвах поллютанты увеличивают подверженность растения абиотическим и биотическим стрессам [Guan et al., 2020].

От уровня насыщения почвы основаниями во многом зависит плодородие почв, их устойчивость к химической деградации. Состав основных катионов оказывает влияние на состояние ионного баланса растений и их корневое питание. Излишнее содержание катионов и анионов в почве приводит к ее засолению. Данный негативный фактор не только оказывает непосредственное влияние на растение (угнетение сходов, процессов роста и фото-

синтеза), но и ухудшает физические показатели почвы. Так, высокие степени засоления приводят к низкой проницаемости почвы, нарушению движения воды и воздушных потоков, низкой агрегации и высокой дисперсности [Paluszek, 2014].

Целью работы являлось изучение агрохимических и микробиологических свойств почв породного отвала Барзасской обогатительной фабрики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Зона отбора проб располагается на территории отвала Барзасской обогатительной фабрики. Общая площадь отвала составляет 721 тыс. м². Территория расположена в зоне резко континентального климата. Почвенный покров представлен типами и подтипами почв: неразвито-скелетная почва, подзолистая почва. Почвы имеют низкое почвенное плодородие. Мощность органического слоя в почве составляет 0,09 м. Территория располагается в зоне темнохвойной тайги. Координаты места отбора образцов: 55°65" северной широты, 86°19" восточной долготы. На исследуемой территории выделяли пять зон.

Три зоны (а, б, в) соответствовали поверхностному слою Барзасского угольного отвала, который представляет собой смесь отходов – вскрышные породы (не менее 99,2%) и породы от обогащения углей (до 0,8%) [Мусохранов, 2020]. Характерных различий между зонами отбора образцов не наблюдалось.

Две зоны (д, е) соответствовали железнодорожной защитной лесополосе, находящейся у границ Барзасского угольного отвала. Характерных различий между зонами отбора образцов также не наблюдалось.

Изучение агрохимических и микробиологических показателей проводилось

в трехкратной повторности, в соответствии с нормативной документацией:

– отбор проб по ГОСТ 17.4.4.02–2017 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа»;

– определение солевого значения рН по ГОСТ Р 58594-2019 «Почвы. Метод определения обменной кислотности»;

– определение суммы поглощенных оснований, емкость катионного обмена по ГОСТ 27821-88 «Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена»;

– определение сухого остатка по ГОСТ Р 59540-2021 «Грунты. Методы лабораторного определения степени засоленности»;

– определение зольности по ГОСТ 27784-88 «Почвы. Метод определения зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв»;

– определение содержания гумуса по ГОСТ 26213-91 «Почвы. Методы определения органического вещества»;

– определение содержания хлорид-ионов по ГОСТ 17.5.4.02-84 «Охрана природы. Рекультивация земель. Метод измерения и расчета суммы токсичных солей во вскрышных и вмещающих породах»;

– определение содержания сульфат-иона по ГОСТ 26426-85 «Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке»;

– определение ионов карбоната и бикарбоната по ГОСТ 26424-85 «Почвы. Метод определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке»;

– определение ионов кальция и магния по ГОСТ 26428-85 «Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке»;

– определение содержания соединений подвижного бора по ГОСТ Р 50688-94 «Почвы. Определение подвижных соединений

бора по методу Бергера и Труога в модификации ЦИНАО»;

– определение содержания соединений подвижного фтора по М.МСХ РФ 26.01.93 – Методические указания по определению содержания подвижного фтора в почвах ионометрическим методом;

– определение содержания подвижного алюминия по ГОСТ 26485-85 «Почвы. Определение обменного (подвижного) алюминия по методу ЦИНАО»;

– определение содержания аммонийного азота по ГОСТ 26489-85 «Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО»;

– определение азота нитратов по ГОСТ 26951-86 «Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом»;

– определение индекса БГКП, индекса энтерококков содержания патогенных энтеробактерий родов *Salmonella* и *Shigella* по МУК 4.2.3695-21 – Методические указания. Методы микробиологического контроля почвы.

Исследуемые показатели определяли в 3-кратной повторности.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для изучения степени антропогенной нарушенности почв в процессе угледобычи важным показателем является кислотность. Согласно литературным данным, вскрышные породы содержат в своем составе сульфиды, окисленные формы которых приводят к закислению сточных вод и почвы [Hu et al., 2020; Tabelin et al., 2020]. Показатели обменной кислотности почв Барзасского породного отвала представлены на рисунке 1.

Согласно полученным данным образцы, отобранные с поверхностного слоя отвала, являлись слабощелочными, что говорит о небольшом возрасте насыпи, процессы

окисления сульфидов в которой не достигли пиковых значений. Следует также отметить то, что щелочная и слабощелочная среды способствуют интенсификации процессов окисления сульфидных пород. Так, наибольшей скорости окисления пририта (наиболее распространенный сульфидный минерал) соответствует рН выше 6, а при снижении рН до 4 наблюдается значительное замедление реакции окисления [Tabelin et al., 2020]. Таким образом, длительное нахождение вскрышных пород в среде, близкой к щелочной, приведет к быстрому техногенному закислению исследованных территорий.

В то же время наблюдается закисление почв железнодорожной защитной лесополосы, на которую оказывается дополнительная антропогенная нагрузка за счет присутствия рядом автомобильной трассы, работы производственной техники, транспортирования пород, добытых на более старых участках.

Результаты исследования суммы обменных оснований и емкости катионного обмена представлены на рисунке 2.

Исследованные образцы характеризовались высокой степенью насыщенности основаниями и не нуждаются в известковании. Согласно полученным результатам наибольшее содержание катионов в почве наблюдалось у образцов, отобранных на территории железнодорожной защитной лесополосы, находящейся у границ угольного отвала СП «Барзасское товарищество» (среднее значение суммы обменных оснований составило 111,83 мг-экв. на 100 г почвы).

В составе катионов ионы кальция составляли менее 1%. Недостаточная степень насыщения ионами кальция приводит к снижению способности удерживания гуминовых кислот в почвах, а также сигнализирует о снижении устойчивости исследованных почв к антропогенным воздействиям, а также различного рода загрязнителям.

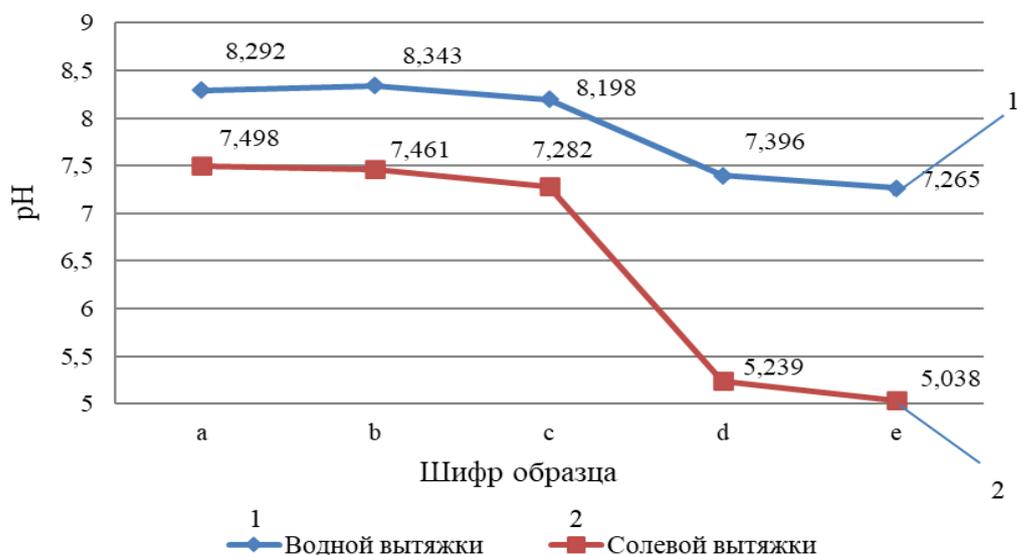


Рис. 1. Кислотность почв отвала Барзасской обогатительной фабрики

Fig. 1. Acidity of the soils of the dump of the Barzassky processing factory

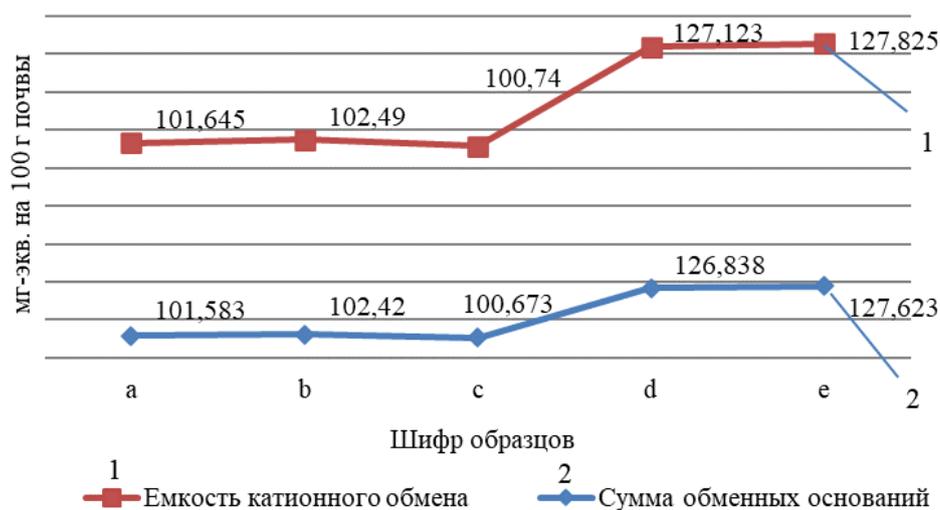


Рис. 2. Суммы обменных оснований и емкость катионного обмена почв

Fig. 2. The sums of exchangeable bases and the cation exchange capacity of soils

Недостаток ионов кальция и магния на изученных территориях может также усугубляться за счет высокого содержания обменного алюминия. При данных значениях кислотности почв алюминий находится в нерастворимой форме, однако окисление сульфидов вскрышных пород способствует повышению растворимости и, как следствие, усилению негативных воздействий металла на растение.

Согласно данным, представленным в таблице, исследуемые образцы почв богаты органическими веществами (среднее значение составило 57,025%). В то же время стоит заметить, что в почвах, отобранных непосредственно с поверхности отвала, наблюдалось присутствие частиц угля как крупной, так и мелкой фракции. Уголь в образцах повышает показатели органических веществ образцов, но свидетельствует

о высокой степени загрязнения и низком плодородии почвы.

Высокие значения зольности (среднее значение 64,9057%) и сухого остатка (среднее значение 2,9141%) обнаружены среди образцов, отобранных у железнодорожной защитной лесополосы, что говорит о засоленности почв. Тип засоленности – сульфатный, с высоким содержанием бикарбонатов [Kurehin, Hellmer, 2019].

Бикарбонаты не относят к токсичным солям, однако большие их концентрации способны провоцировать возникновение дефицита кальция и наносить значительный вред растительному покрову. Наибольшее содержание бикарбонатов отмечено среди почв, отобранных с поверхности отвала, что свидетельствует о техногенной

природе данного поллютанта (усредненное содержание бикарбонатов составило 756,7027 ммоль в 100 г).

Во всех образцах обнаруживаются лишь следовые значения аммонийного и нитратного азота (среднее значение аммонийного азота <5,0 мг/кг, а нитратного <2,8 мг/кг). Также исследованные почвы характеризуются пониженным содержанием фосфора.

Недостаток биогенных веществ говорит о снижении активности микрофлоры почвы, отвечающей за синтез и фиксацию таких соединений. О нарушениях микробиома также свидетельствуют исследования почвы на содержание кишечной палочки. Содержание БГКП в исследованных образцах представлено на рисунке 3.

Агрохимические показатели почв отвала Барзасской обогатительной фабрики

Agrochemical indicators of soils of the dump of the Barzassky processing factory

Показатель	a	b	c	d	e
Сухой остаток, %	0,4456 ± 0,0409	0,4644 ± 0,0415	0,5210 ± 0,0475	2,9560 ± 2,6601	2,8721 ± 0,2583
Зольность, %	28,3162 ± 2,5493	28,3365 ± 2,5504	28,4168 ± 2,5581	64,9031 ± 5,8416	64,9082 ± 5,8427
Органическое вещество, %	71,684 ± 6,451	71,665 ± 6,451	71,587 ± 6,443	35,098 ± 3,159	35,092 ± 3,156
Содержание Ca ²⁺ мг-экв. на 100 г почвы	0,0055 ± 0,0005	0,0052 ± 0,0005	0,0051 ± 0,0005	0,0144 ± 0,0015	0,0141 ± 0,0014
Содержание Mg ²⁺ , мг-экв. на 100 г почвы	0,0044 ± 0,0004	0,0048 ± 0,0005	0,0038 ± 0,0004	0,0025 ± 0,0003	0,0025 ± 0,0003
Обменный (подвижный) Al, ммоль на 100 г почвы	0,0621 ± 0,0186	0,0652 ± 0,0196	0,0709 ± 0,0213	0,0240 ± 0,0072	0,0266 ± 0,0080
Фтор (подвижная форма), мг/кг	1,2224 ± 0,1100	1,4697 ± 0,1323	1,3832 ± 0,1245	0,6261 ± 0,0563	0,5872 ± 0,0506
Содержание Cl ⁻ , мг-экв. на 100 г почвы	0,0044 ± 0,0004	0,0041 ± 0,0004	0,0048 ± 0,0005	0,0066 ± 0,0007	0,0063 ± 0,0006
Содержание SO ₄ ²⁻ , мг-экв. на 100 г почвы	132,6832 ± 11,9415	132,9308 ± 11,9637	131,6520 ± 11,8488	35,4430 ± 3,1900	35,2753 ± 3,1758
Содержание HCO ₃ ⁻ , ммоль в 100 г почвы	920,3851 ± 82,8325	920,4050 ± 82,8375	920,3525 ± 82,8325	510,5975 ± 45,9525	511,7735 ± 46,0681
Бор (подвижная форма), мг/кг	<0,0500				
Аммонийный азот, мг/кг	<5,0				
Азот нитратов, мг/кг	<2,8				

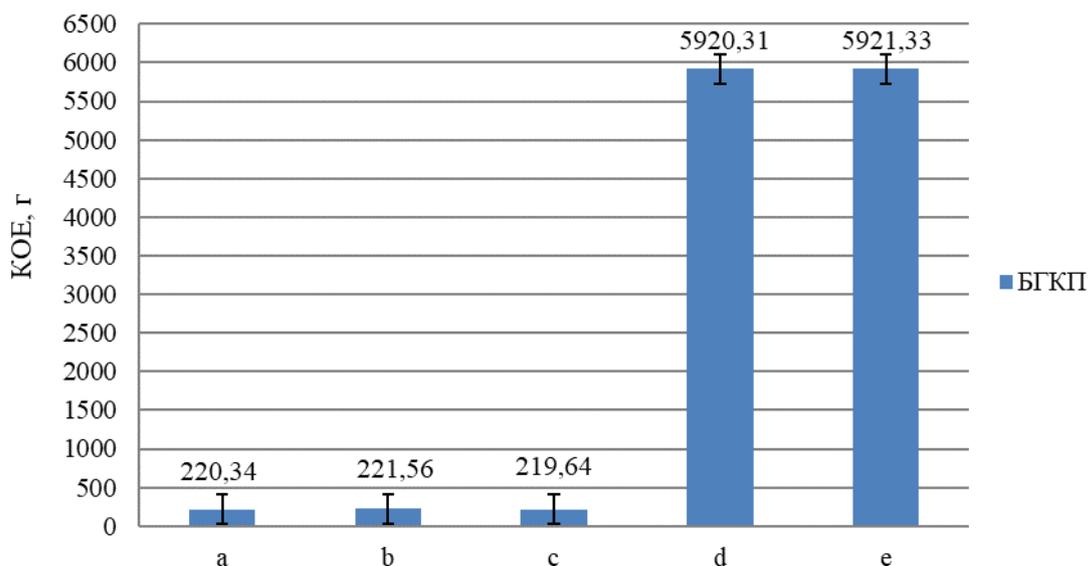


Рис. 3. Содержание бактерий группы кишечной палочки

Fig. 3. The content of bacteria of the Escherichia coli group

Согласно полученным данным, особое влияние на почвенную микробиоту оказывает кислотность почв. Так, наибольшее превышение предельно допустимых концентраций условно-патогенных микроорганизмов наблюдалось в почвах железнодорожной защитной лесополосы (в 25,25 раз), на которых отмечено техногенное закисление. Средний индекс БГКП составил 2500,62 КОЕ/г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Барзасский район не только богат полезными ископаемыми, но также обладает уникальными растительными зонами, в частности кедровым лесом, с произрастающими редкими и охраняемыми видами растений. Для того чтобы снизить экологический ущерб, сопряженный с разработкой месторождений, необходима грамотная рекультивация нарушенных территорий.

Согласно проведенным исследованиям, отвалы Барзасской обогатительной фабрики являются слабощелочными либо нейтральными и на данный момент време-

ни не нуждаются в известковании. Однако с увеличением срока хранения вскрышных пород на территории возможно окисление сульфидов, что приведет к техногенному закислению и, как следствие, усилению подвижности токсичных элементов. Увеличение подвижности обнаруженного на территории алюминия приведет к усилению негативных эффектов от недостатка ионов кальция и магния. Для предотвращения увеличения кислотности на территории, а также снижения степени засоления рационально провести промыв почв, а также десульфурацию.

Для восстановления растительного покрова необходимо восстановить содержание биогенных веществ. Это можно осуществить внесением органических удобрений с высоким содержанием азота и фтора либо с помощью биопрепаратов, содержащих азотфиксирующие бактерии. Рационально использование методов биоремедиации для восстановления микробиома почв, нарушенного высокой степенью засоления, а также техногенным закислением (для защитной железнодорожной лесополосы).

ЛИТЕРАТУРА

- Заушинцена А.В., Кожевников Н.В. 2017. Техногенез почвенного покрова в районах разработки угольных месторождений Кузбасса. *Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: биологические, технические науки и науки о земле*. № 1(1). С. 4–9.
- Кузнецова Л.В., Анфёров Б.А. 2017. Комбинированная природоохранная технология разработки угольного месторождения. *Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: биологические, технические науки и науки о земле*. № 6. С. 27–30.
- Мусохранов А.П. 2020. Обоснование параметров ведения отвальных работ в условия работы ООО СП «Барзасское товарищество». *Материалы Международной научно-практической конференции «Инновации в технологиях и образовании»*. Белово. С. 126–130.
- Муталибова Г.К., Муталибов З.М. 2019. Мелиорация кислых и загрязненных тяжелыми металлами земель с использованием отходов камнедобычи известняков-ракушечников. *Природообустройство*. № 2. С. 47–53.
- Патраков Ю.Ф., Писаренко М.В. 2017. Перспективы комплексного освоения месторождений твердых полезных ископаемых. *Известия Тульского государственного университета. Науки о земле*. № 3. С. 240–248.
- Писаренко М.В., Патраков Ю.Ф. 2017. Комплексное освоение месторождений Барзасского геолого-экономического района. *Горная промышленность*. № 2(132). С. 31.
- Уфимцев В.И. 2017. Опыт и современное состояние лесной рекультивации в Кузбассе. *Сибирский лесной журнал*. № 4. С. 12–27.
- Фотина Н.В., Емельяненко В.П., Воробьева Е.Л. и др. 2021. Современные биологические методы восстановления и очистки нарушенных угледобычей земель в условиях Кемеровской области – Кузбасса. *Техника и технология пищевых производств*. Т. 51. № 4. С. 869–882.
- Хрусталева И.А., Стрельникова Т.О., Куприянов О.А. и др. 2019. Флористическое разнообразие лесных сообществ низкогорий Кузнецкого Алатау (Кемеровская область). *Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии*. № 18. С. 451–455.
- Цивилев С.Е. 2020. Кузбасс 2035: национальные интересы и стратегические приоритеты развития региона. *Экономика промышленности*. Т. 13. № 3. С. 281–289.
- Bhat J.B., Kundu M.C., Mandal B., Hazra G.C. 2017. Nature of acidity in alfisols, entisols and inceptisols in relation to soil properties. *Communications in soil science and plant analysis*. Vol. 48. P. 395–404.
- Bragina P.S., Tsibart A.S., Zavadskaya M.P., Sharapova A.V. 2014. Soils on overburden dumps in the forest-steppe and mountain taiga zones of the Kuzbass. *Eurasian Soil Science*. Vol. 47. P. 723–733.
- Drozdova M.Y., Pozdnyakova A.V., Osintseva M.A. et al. 2021. The microorganism-plant system for remediation of soil exposed to coal mining. *Foods and Raw Materials*. Vol. 9. № 2. P. 406–418.
- Guan Y., Zhou W., Bai Z. et al. 2020. Soil nutrient variations among different land use types after reclamation in the Pingshuo opencast coal mine on the Loess Plateau, China. *Catena*. Vol. 188. P. 104427.
- Hailegnaw N.S., Mercl F., Pračke K. et al. 2020. The Role of biochar and soil properties in determining the available content of Al, Cu, Zn, Mn, and Cd in soil. *Agronomy*. Vol. 10(16). P. 885.

- Hu Z., Zhy Q., Xy J., Zhang X. 2020. Effect of bactericides on control of acidification pollution and spontaneous combustion of coal gangue dumps in China and its mechanism. *Sustainability*. Vol. 12(17). P. 6697.
- Kalkhoran S.S., Pannell D.J., Thamo T. et al. 2019. Soil acidity, lime application, nitrogen fertility, and greenhouse gas emissions: optimizing their joint economic management. *Agricultural systems*. Vol. 176. P. 102684.
- Kurehin E., Hellmer M. 2019. On influence of the Earth's surface relief on the volumes of overburden at coal open pit mining with land-saving dumping. *E3S Web of Conferences*. Vol. 105. P. 01031.
- Paluszek J. 2014. Estimation of cation exchange capacity and cation saturation of Luvisols developed from loess. *Journal of Elementology*. Vol. 19. P. 1085–1098.
- Tabelina C.B., Corpuzb R.D., Igarashic T. et al. 2020. Acid mine drainage formation and arsenic mobility under strongly acidic conditions: importance of soluble phases, iron oxyhydroxides. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 399. P. 122844.
- Tambwe O., Kotsiopoulos A., Harrison S.T.L. 2020. Desulphurising high sulphur coal discards using an accelerated heap leach approach. *Hydrometallurgy*. Vol. 197. P. 105472.
- Kuznetsova L.V., Anferbov B.A. 2017. Combined environmental protection technology for the development of a coal deposit. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: biologicheskie, tekhnicheskie nauki i nauki o zemle (Bulletin of the Kemerovo State University. Biological, technical and earth sciences)*. № 6. P. 27–30.
- Musokhranov A.P. 2020. Justification of the parameters of dumping operations in the working conditions of LLC JV "Barzasskoye tovarishchestvo". *Proceedings of International scientific and practical conference "Innovations in technology and education"*. Belovo. P. 126–130.
- Mutalibova G.K., Mutalibov Z.M. 2019. Reclamation of acidic and heavy-metal-contaminated lands using limestone-shell rock wastes. *Prirodoobustrojstvo (Environmental engineering)*. № 2. P. 47–53.
- Patrakov Yu.F., Pisarenko M.V. 2017. Prospects for the integrated development of deposits of solid minerals. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o zemle (News of the Tula State University. Earth sciences)*. № 3. P. 240–248.
- Pisarenko M.V., Patrakov Yu.F. 2017. Integrated development of deposits in the Barzasky geological and economic region. *Gornaya promyshlennost' (Russian Mining Industry)*. № 2(132). P. 31.
- Ufimtsev V.I. 2017. Experience and current state of forest reclamation in Kuzbass. *Sibirskij lesnoj zhurnal (Siberian Journal of Forest Science)*. № 4. P. 12–27.
- Fotina N.V., Emelianenko V.P., Vorobieva E.L. et al. 2021. Modern biological methods for the restoration and cleaning of lands disturbed by coal mining in the conditions of the Kemerovo region – Kuzbass. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv (Food Processing: Tech-*

REFERENCES

- Zaushintsena A.V., Kozhevnikov N.V. 2017. Technogenesis of the soil cover in the areas of development of coal deposits in Kuzbass. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: biologicheskie, tekhnicheskie nauki i nauki o zemle (Bulletin of the Kemerovo State University. Biological, technical and earth sciences)*. 2017. № 1(1). P. 4–9.

- niques and Technology*). V. Vol. 51. № 4. P. 869–882.
- Khrustaleva I.A., Strelnikova T.O., Kupriyanov O.A. et al. 2019. Floristic diversity of forest communities in the low mountains of the Kuznetsk Alatau (Kemerovo region). *Problemy botaniki yuzhnoj Sibiri i Mongolii (Problems of Botany of South Siberia and Mongolia)*. № 18. P. 451–455.
- Tsivilev S.E. 2020. Kuzbass 2035: national interests and strategic priorities for the development of the region. *Ekonomika promyshlennosti (Russian Journal of Industrial Economics)*. Vol. 13. № 3. P. 281–289.
- Bhat J.B., Kundu M.C., Mandal B., Hazra G.C. 2017. Nature of acidity in alfisols, entisols and inceptisols in relation to soil properties. *Communications in Soil Science And Plant Analysis*. Vol. 48. P. 395–404.
- Bragina P.S., Tsibart A.S., Zavadskaya M.P., Sharapova A.V. 2014. Soils on overburden dumps in the forest-steppe and mountain taiga zones of the Kuzbass. *Eurasian soil science*. Vol. 47. P. 723–733.
- Drozdova M.Y., Pozdnyakova A.V., Osintseva M.A. et al. 2021. The microorganism-plant system for remediation of soil exposed to coal mining. *Foods and Raw Materials*. Vol. 9. № 2. P. 406–418.
- Guan Y., Zhou W., Bai Z. et al. 2020. Soil nutrient variations among different land use types after reclamation in the Pingshuo opencast coal mine on the Loess Plateau, China. *Catena*. Vol. 188. P. 104427.
- Hailegnaw N.S., Mercl F., Pračke K. et al. 2020. The Role of biochar and soil properties in determining the available content of Al, Cu, Zn, Mn, and Cd in soil. *Agronomy*. Vol. 10(16). P. 885.
- Hu Z., Zhy Q., Xy J., Zhang X. 2020. Effect of bactericides on control of acidification pollution and spontaneous combustion of coal gangue dumps in China and its mechanism. *Sustainability*. Vol. 12(17). P. 6697.
- Kalkhoran S.S., Pannell D.J., Thamo T. et al. 2019. Soil acidity, lime application, nitrogen fertility, and greenhouse gas emissions: optimizing their joint economic management. *Agricultural Systems*. Vol. 176. P. 102684.
- Kurehin E., Hellmer M. 2019. On influence of the Earth's surface relief on the volumes of overburden at coal open pit mining with land-saving dumping. *E3S Web of Conferences*. Vol. 105. P. 01031.
- Paluszek J. 2014. Estimation of cation exchange capacity and cation saturation of Luvisols developed from loess. *Journal of Elementology*. Vol. 19. P. 1085–1098.
- Tabelina C.B., Corpuzb R.D., Igarashic T. et al. 2020. Acid mine drainage formation and arsenic mobility under strongly acidic conditions: importance of soluble phases, iron oxyhydroxides. *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 399. P. 122844.
- Tambwe O., Kotsiopoulos A., Harrison S.T.L. 2020. Desulphurising high sulphur coal discards using an accelerated heap leach approach. *Hydrometallurgy*. Vol. 197. P. 105472.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Серазетдинова Юлия Ренатовна – Кемеровский государственный университет; 650000, Россия, Кемерово; младший научный сотрудник Лаборатории фиторемедиации посттехногенных ландшафтов; serazetdinova2000@mail.ru; SPIN-код 4510-4135; Author ID: 1137817; ORCID ID: 0000-0002-3044-3529.

Serazetdinova Yuliya Renatovna – Kemerovo State University; 650000, Russia, Kemerovo; Junior Researcher of Post-Technogenic Landscapes Phytoremediation Laboratory; serazetdinova2000@mail.ru; SPIN-code 4510-4135; Author ID: 1137817; ORCID ID: 0000-0002-3044-3529.

Дышлюк Любовь Сергеевна – Кемеровский государственный университет; 650000, Россия, Кемерово; доцент кафедры бионанотехнологии, доктор технических наук; soldatovals1984@mail.ru; SPIN-код: 4572-6823; Author ID: 595440; ORCID ID: 0000-0002-7333-8411.

Dyshlyuk Lyubov Sergeevna – Kemerovo State University; 650000, Russia, Kemerovo; Associate Professor of the Bionanotechnology Chair, Doctor of Technical Sciences; soldatovals1984@mail.ru. SPIN-code: 4572-6823; Author ID: 595440; ORCID ID: 0000-0002-7333-8411.

Фотина Наталья Вячеславовна – Кемеровский государственный университет; 650000, Россия, Кемерово; младший научный сотрудник Лаборатории фиторемедиации посттехногенных ландшафтов; fotina.natashenka@mail.ru. SPIN-код: 5500-7190; Author ID: 1061968; ORCID ID: 0000-0002-7655-0258.

Fotina Natalia Vyacheslavovna – Kemerovo State University; 650000, Russia, Kemerovo; Junior Researcher of Post-Technogenic Landscapes Phytoremediation Laboratory; fotina.natashenka@mail.ru. SPIN-code: 5500-7190; Author ID: 1061968; ORCID ID: 0000-0002-7655-0258.

Осинцева Мария Алексеевна – Кемеровский государственный университет; 650000, Россия, Кемерово; начальник управления проектной деятельности, кандидат технических наук; olex1@mail.ru. SPIN-код: 8266-5409; Author ID: 634693; ORCID ID 0000-0002-4045-8054.

Osintseva Maria Alekseevna – Kemerovo State University; 650000, Russia, Kemerovo; Head of Project Activity Department, Candidate of Technical Sciences; olex1@mail.ru. SPIN-code; Author ID: 634693; 8266-5409; ORCID ID 0000-0002-4045-8054.

Голубцова Юлия Владимировна – Кемеровский государственный университет; 650000, Россия, Кемерово; проректор по развитию имущественного комплекса, доктор технических наук; ula.gol@mail.ru; SPIN-код: 6354-4329; Author ID: 820508; ORCID ID: 0000-0002-2958-4172.

Golubtsova Julia Vladimirovna – Kemerovo State University; 650000, Russia, Kemerovo; Vice-Rector for the Property Complex Development, Doctor of Technical Sciences; ula.gol@mail.ru. SPIN-code: 6354-4329; Author ID: 820508; ORCID ID: 0000-0002-2958-4172.

PECULIARITIES OF DISTRIBUTION OF CARIDEAN SHRIMP LARVAE (DECAPODA, CARIDEA) IN EASTERN PART OF THE SEA OF OKHOTSK

Sedova N.A.¹, Grigorev S.S.²

¹ Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683003, Russia

² Kamchatka Division of Pacific Institute of Geography, Far East Branch, Russian Academy of Sciences, 683000, Russia

Species composition and long-term distribution of shrimp meroplankton in eastern part of Okhotsk Sea are described. Interannual and seasonal variability of qualitative and quantitative composition of shrimp meroplankton is discussed. Average abundance of larvae per station in different areas in spring varied within 1–77.5 ind./m², in first half of summer – 13.1–133 ind./m², in September – 1–27 ind./m². Larvae of genera *Pandalus* and *Eualus* were most abundant in April. In summer larvae of family Crangonidae dominated above shallow waters, and Pandalidae dominated above bottom deeper than 100 m. Maximum abundance (1410 ind./m²) was observed in July. Most of larvae develop in upper layer of pelagic zone. In spring larvae were found above bottom depths more than 300 m. In first half of summer main concentrations were above outer and middle shelf, in second half of summer – above inner shelf. Late stages inhabit above bottom depths no more than 40 m.

Key words: shrimp, meroplankton, larvae, development, species composition, distribution, abundance, density, western Kamchatka shelf.

INTRODUCTION

Along Kamchatka coast inhabit 58 species of carid shrimp (infraorder Caridea). Currently, only few species are caught in Kamchatka waters, because commercial reserves of most species have not been explored. Commercial species are pink shrimp *Pandalus eous* Makarov, 1935, humpy shrimp *P. goniurus* Stimpson, 1860, coonstripe shrimp *P. hypsinotus* Brandt, 1851, kuro shrimp *Argis lar* (Owen, 1839), sculptured shrimp *Sclerocrangon boreas* (Phipps, 1774), bering shrimp *S. salebrosa* (Owen, 1839), dokdo shrimp *Lebbeus armatus* (Owen, 1839) [Slizkin, 2006; Marin, 2013]. Expanding fishery requires exploration and study of new stocks of shrimp from poorly studied areas [Kalashnikov, 1984; Koblikov et al., 2002].

Caridean shrimps are animals that form hemipopulations in plankton. Limiting role of environmental factors in shrimps at early stages of development is most pronounced [Konstantinov, 1986]. It is known that early pelagic period of shrimp life affects commercial stock [Pedersen et al., 2002]. Comprehensive study of early stages of development of shrimps is necessary to determine stability of ecosystem, especially in condition of climate change at high latitudes.

Shrimps well known as dominant component of epibenthic community due to their high abundance, density and biomass. They sometimes form up to 60–80% of biomass in shallow coastal waters, especially on sandy bottom without algae [Evans, Tallmark, 1985; Hostens, Hamerlynck, 1994; Hostens, 2000; Lapinska and Szaniawska, 2006; Neves et al.,

2007; Campos, Van der Veer, 2008]. Almost all developmental stages of shrimp are food for many pelagic and benthic fish. In addition, crustaceans themselves have significant impact on populations of commercial fish, eating their eggs and larvae, as well as juveniles of settling flounders [Edwards, Steele, 1968; Gibson et al., 1985; Van der Veer and Bergman, 1987; Modin, Pihl, 1996; Wennhage, Gibson, 1998]. Consequently, shrimp can act as structuring force in shallow benthic communities [Evans, 1984; Reise, 1985; Mattila et al., 1990]. Comprehensive study of larval development of shrimp is necessary for protection and management of both their resources and the resources of other commercial aquatic organisms.

There is scarce data on distribution of shrimp larvae in seas of Russian Far East. Shrimp larvae of three families (Crangonidae, Pandalidae and Thoridae) are regularly found in plankton samples taken in eastern part of Okhotsk Sea. Larvae of many shrimps, especially of family Thoridae, not described. Development of larvae with shortened development has been least studied.

Aim of this study was to understand regularities of spatial distribution of caridean shrimp larvae in eastern part of Okhotsk Sea near western coast of Kamchatka peninsula, to characterize interannual and seasonal variability of qualitative and quantitative composition of shrimp meroplankton.

MATERIALS AND METHODS

Materials for this study were plankton samples collected according to Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO) scientific program in eastern part of Okhotsk Sea during period from 1999 to 2016. A total of 1151 samples were analyzed (Fig. 1, Table 1).

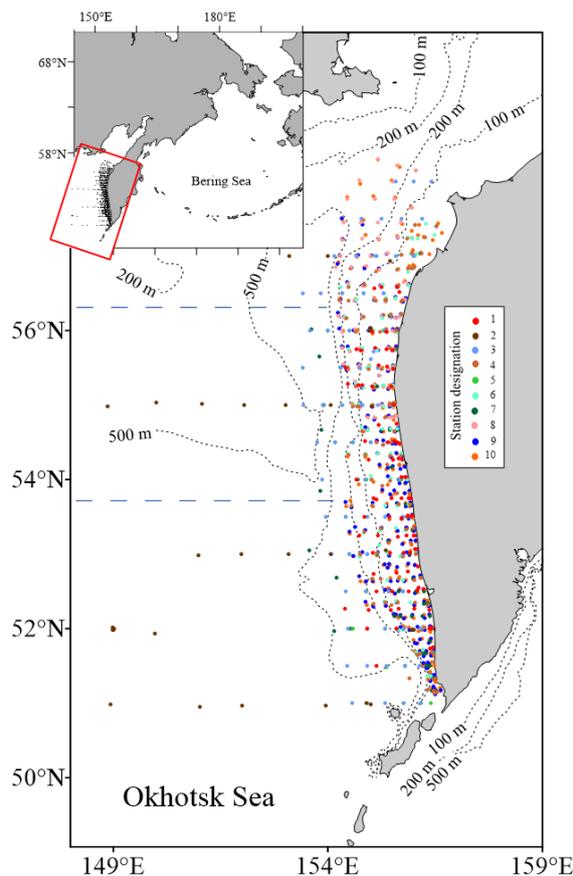


Fig. 1. Scheme of plankton stations in eastern part of Okhotsk Sea carried out from 1999 to 2016. Dashed line shows division of area into northern, central and southern parts. Designations: 1 – 15 July–19 August 1999, 2 – 6–30 September 1999, 3 – 9–29 April 2001, 4 – 2 July–5 August 2001, 5 – 22–29 April 2002, 6 – 15 July–12 August 2002, 7 – 3 September – 10 October 2003, 8 – 31 July–11 August 2013, 9 – 6 June–2 July 2015, 10 – 2 June–2 July 2016

Samples were fixed in 4% formalin and bring to onshore laboratory. In each sample taxonomic composition of larvae and stages of their development, as well as number of larvae, were determined.

This study used hydrological materials of cruise reports received in the corresponding period (KamchatNIRO archive). Hydrological observations were carried out at plankton stations using ASTD-102 RINKO sounding complex (JFE, Japan). Measurements of temperature, pressure (bottom depth), electrical conductivity (salinity) were performed at intervals of 0.5 m of depth in entire plankton collection layer.

Table 1. Stations, dates, depths, numbers of samples analyzed and shrimp larvae caught for this study

Date	Bottom depths, m	Samples analyzed	Samples with larvae	Larvae caught, ind.
15 July – 19 August 1999	15–300	85	68	910
6–30 September 1999	26–1450	41	7	10
9–29 April 2001	30–850	69	18	58
2 July – 5 August 2001	15–210	107	79	1471
22–29 April 2002	30–739	36	14	48
15 July – 12 August 2002	15–200	93	47	831
3 September – 10 October 2003	15–845	74	27	219
31 July – 11 August 2013	12–568	84	30	216
6 June – 2 July 2015	15–559	247	117	5108
2 June – 2 July 2016	15–569	246	72	653

The systematic position of species is determined taking into account modern databases (The World Register of Marine Species, Arcticmegabenthos, MarBEF Data System). To identify species of shrimp larvae we used guides and keys for Kamchatka marine waters [Sedova, Grigoriev, 2016, 2017a, 2017b; Sedova, 2019] and articles describing larvae of certain species [Ivanov, 1965, 1971; Makarov, 1966, 1967; Haynes, 1980, 1981, 1985; Squires, 1993; Sedova, Grigoriev, 2014, 2015; 2017c, 2018].

Catches of shrimp larvae were indicated in specimens per m² of sea surface. Due to small catches of larvae, their horizontal distribution in maps is given in averaged data for entire study period in the eastern part of Okhotsk Sea, implemented in period from 1999 to 2018. For convenience of presentation, entire study area was divided into three parts: northern (north of 56.2°N), central (53.7–56.2°N) and southern (south of 53.7°N). These boundaries are drawn similarly to the areas of averaging of data adopted in plankton and crab studies [Slizkin et al., 2001]. All samples were analyzed and species identified by N. Sedova.

RESULTS

Species composition, abundance and general distribution of shrimp larvae

In samples collected in eastern part of the Okhotsk Sea, shrimp larvae of more than

40 species belonging to three families: Crangonidae, Pandalidae, and Thoridae, were found (Table 2). Most of them are Pacific widespread boreal sublittoral or sublittoral-bathyal species. Species *Eualus suckleyi* (Stimpson, 1864), *E. belcheri* (Bell, 1855), *Lebbeus armatus* (Owen, 1839), *Neocrangon communis* Rathbun, 1899, *Pandalus goniurus* Stimpson, 1860, *Spirontocaris arcuata* Rathbun, 1902, and *S. intermedia* Makarov and Kobjakova, 1936 are arctic-boreal. Species *E. pusiolus* (Kröyer, 1841), *E. macilentus* (Kröyer, 1842), and *S. phippii* (Kröyer, 1841) distributed circumpolarly. *Argis dentata* (Rathbun, 1902) – amphiboreal species.

Shrimp larvae were found in samples from March to October. In April most abundant were *P. eous* Makarov, 1935 and representatives of genus *Eualus*. In summer above shallow depths prevailed in numbers larvae of species *N. communis*, *Crangon dalli* Rathbun, 1902, and *C. septemspinosa* Say, 1818, and above bottom depths over 100 m prevailed *P. eous* and *P. goniurus*. In autumn prevailed *C. dalli*, *C. septemspinosa*, and *Eualus spp.* In spring larvae were more abundant in southern part, in summer and autumn occurrence was approximately equal in all areas. General distribution of shrimp larvae of all species for entire study period by season is shown in Fig. 2. Distribution of larvae of commercial shrimp species is given separately (Fig. 3).

Table 2. List of species of shrimp larvae in eastern part of Okhotsk Sea examined in this study, including bottom depth, maximal abundance, and zoeal stages. Designations: dec – decapodid stage, 0 – larvae not found, dash – no data

Species, taxons	April – May			June – August			September – October		
	Bottom depth, m	Max. abund., ind./m ²	Zoeal stages	Bottom depth, m	Max. abund., ind./m ²	Zoeal stages	Bottom depth, m	Max. abund., ind./m ²	Zoeal stages
Pandalidae									
<i>Pandalus eous</i>	300–350	20	I	11–307	110	I–VIII	58	2	VII
<i>P. goniurus</i>	550	2	I	11–145	316	I–VII	–	0	–
<i>P. hypsinotus</i>	–	0	–	26–106	2	V	–	0	–
<i>P. tridens</i>	–	0	–	21–154	8	I–III	–	0	–
Crangonidae									
<i>Crangon septemspinosus</i>	–	0	–	15–50	78	I,II,V	15	34	II–V
<i>C. dalli</i>	–	0	–	5–32	1118	I,II,V	50–120	46	I–dec
<i>Mesocrangon intermedia</i>	–	0	–	5–91	600	I–V, dec	–	0	–
<i>Neocrangon communis</i>	–	0	–	5–91	402	I–V, dec	50–120	52	I–dec
<i>Rhynocrangon sp.</i>	300–850	6	I	145	2	II	–	0	–
<i>Argis crassa</i>	–	0	–	30.5–80	4	I,II	–	0	–
<i>A. lar</i>	–	0	–	15–80	4	II–III	–	0	–
<i>A. ovifer</i>	–	0	–	20–27	2	II	–	0	–
<i>A. dentata</i>	–	0	–	30–58	2	I,II	–	0	–
Thoridae									
<i>Spirontocaris phippii</i>	–	0	–	16–100	6	III–V	–	0	–
<i>S. ochotensis</i>	–	0	–	18–25	14	IV	–	0	–
<i>Eualus fabricii</i>	–	0	–	11–41	4	III,IV	–	0	–
<i>E. belcheri</i>	–	–	–	31–79	10	II–III	–	–	–
<i>E. barbatus</i>	350–850	10	I	–	–	–	–	–	–
<i>E. macilentus</i>	–	–	–	40	40	I	–	–	–
<i>E. spp.</i>	300–850	16	I–IV	10–348	842	I–V, dec	–	0	–
<i>Birulia sp.</i>	–	0	–	18–31	4	II, III	–	0	–
<i>Lebbeus armatus</i>	–	0	–	358	2	II	–	0	–

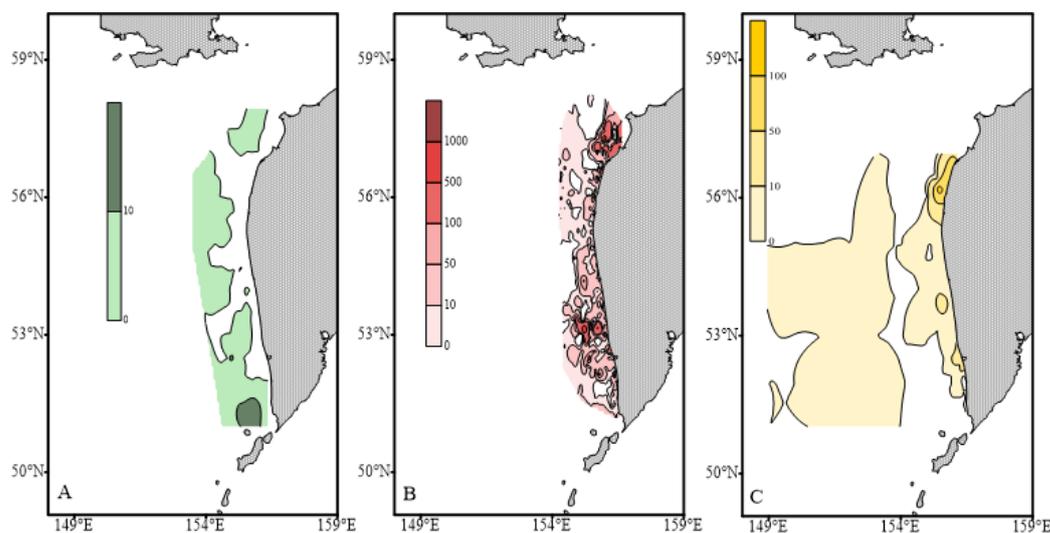


Fig. 2. Generalized distribution of shrimp larvae of all species during entire study period from 1999 to 2016 by seasons: A – spring, B – summer, C – fall. Legend: numbers of larvae per m²

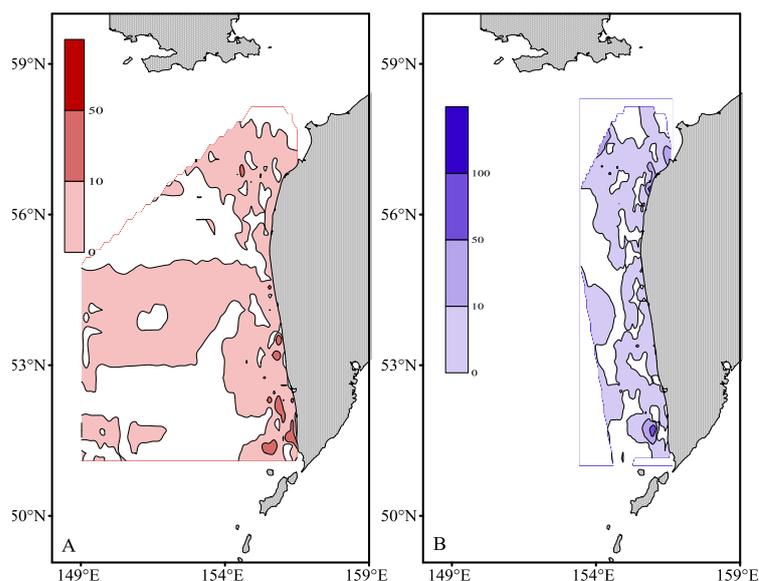


Fig. 3. Generalized distribution of larvae of commercial shrimp species during entire study period from 1999 to 2016 (all seasons): A – *Pandalus eous*, B – *Pandalus goniurus*. Legend: numbers of larvae per m²

Larvae of family Crangonidae of species *Crangon septemspinosa*, *C. dalli*, *Neocrangon communis*, and *Mesocrangon intermedia* were widespread and abundant (Fig. 4).

Shrimp larvae of species *Pandalus hypsinotus* and *P. tridens* (family Pandalidae), *Eualus fabricii*, *E. belcheri*, *Spirontocaris phipsi*, *S. ochotensis*, and *Lebbeus armatus* (family Thoridae), *Argis crassa*, *A. dentata*, *A. lar*, and *A. ovifer* (family Crangonidae) were rarely found in samples. Places of capture of rare shrimp larvae are shown in Fig. 5.

Shrimp larvae were found above bottom depths of 9 to 800 m throughout entire of the study area. In April, larvae were caught beyond western Kamchatka shelf. Abundance of larvae in spring and in second half of summer in southern part was, as a rule, higher than in central and northern parts of study area. Exception was extremely cold 2001 [Luchin, Matveyev, 2016], when in north average abundance was slightly higher (Table 3). In summer, larvae were caught closer to coast, over middle and inner shelf. In first half of summer, in warmest 2015, largest number of larvae was in north (average abundance 70.9 ind./m²). In autumn, no larvae were

found above depths of more than 200 m. In September most of them were concentrated over bottom depth of 30–50 m.

In March – April larvae were caught over high depths far from coast. In the extremely cold 2001, the larvae were recorded exclusively outside the shelf, above depths of more than 300 m. In spring, larvae were found in samples regularly (in 57.6% of all samples), but in small numbers. In temperate 2002, single larvae of *P. eous* were observed in northern part above bottom depths 50–80 m. Early larvae of *P. eous* and *Eualus spp.* were caught in 70% of samples in central and southern parts of study area above bottom depth 100–200 m. Larvae of these species were present in 83.8% of samples collected over bottom depth of more than 200 m (Table 4).

Shrimp larvae were found above all bottom depths in first half of summer. In June 2015 main stock of larvae concentrated over depth of 50–150 m (occurrence in samples 33–85.7%). In 2016 occurrence was somewhat lower than in warm years. Larvae of coastal crangonids and thorids (genera *Argis*, *Spirontocaris*) were caught close to coast.

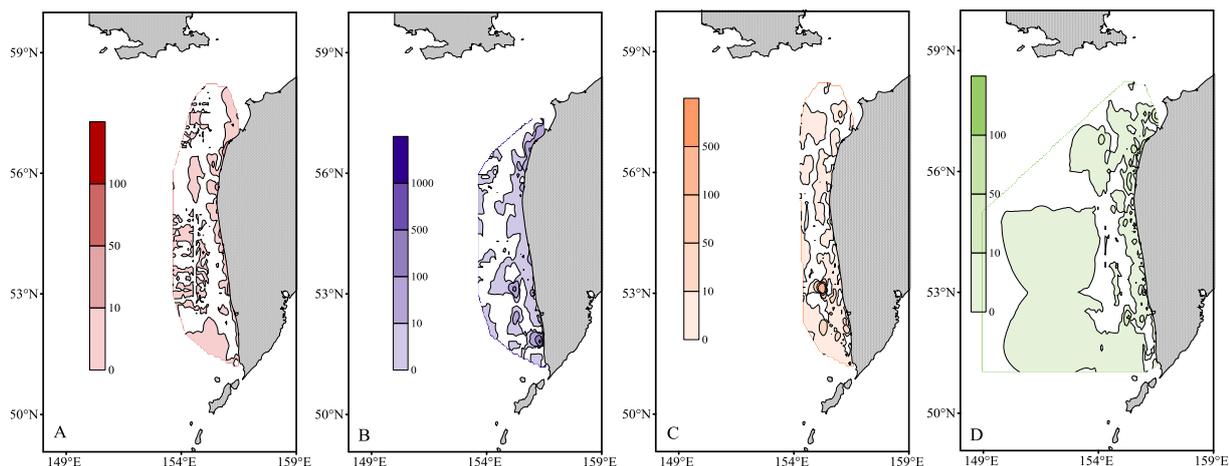


Fig. 4. Generalized distribution of abundant larvae of family Crangonidae during entire study period from 1999 to 2016 (all seasons): A – *Crangon septemspinosa*, B – *Crangon dalli*, C – *Neocrangon communis*, D – *Mesocrangon intermedia*. Legend: numbers of larvae per m². Maximum catches were only in single stations, therefore they were not signify in distribution schemes

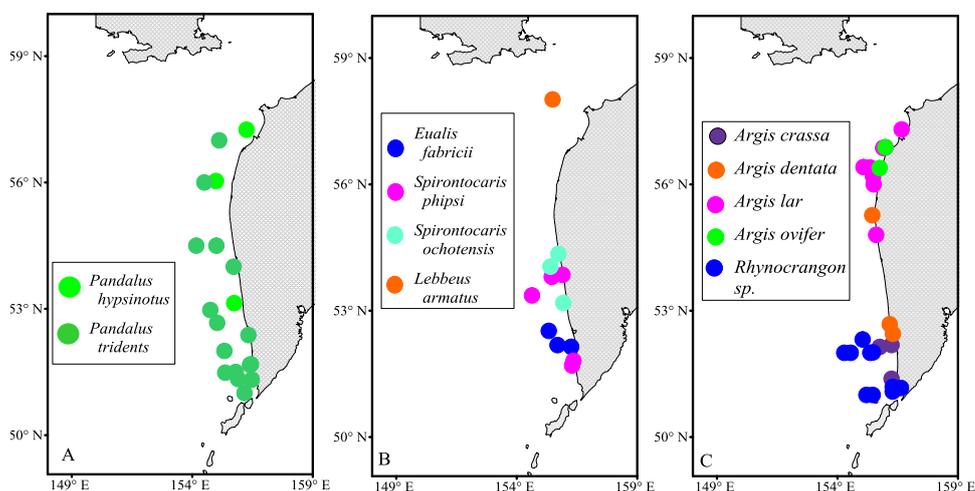


Fig. 5. Locations of rare shrimp larvae of families Pandalidae (A), Crangonidae (B), and Thoridae (C) during entire study period from 1999 to 2016 (all seasons)

Table 3. Average numbers of shrimp larvae in eastern part of Okhotsk Sea, numbers of larvae per m²

Month of survey	Year of survey	Conditional parts of western Kamchatka shelf		
		North	Central	South
April	2001	1.0	3.0	7.5
	2002	1.2	3.3	8.4
June – July	2014	2.7	2.8	0
	2015	70.9	12.5	29.9
	2016	25.1	7.0	20.6
July – August	1999	45.7	42.3	85.1
	2001	45.7	32.9	30.5
	2002	53.6	15	133.0
	2013	13.1	16.5	0
September	1999	10.0	0	4.0
September – October	2003	27.0	18.8	12.0

Table 4. Occurrence of shrimp larvae in samples (% of total number of samples)

Month of survey	Year of survey	Conditional parts of western Kamchatka shelf		
		North	Central	South
April	2001	2.9	25.0	42.9
	2002	2.0	27.3	55.6
June – July	2014	68.0	75.0	0
	2015	57.1	67.2	77.4
	2016	40.0	23.5	25.6
July – August	1999	100	71.4	17.4
	2001	19.4	62.1	53.1
	2002	36.0	56.8	50.0
	2013	60.0	48.4	0
	1999	43.0	0	15.4
September	2003	100.0	50.0	48.0

Distribution of shrimp larvae in spring

In spring samples were collected in April 2001 and 2002. Shrimp larvae were found beyond shelf above bottom depths up to 400 m in both northern and southern parts of study area. Most of them were zoeae of *Eualus spp.* (their density not exceed 22 ind./m²). Besides *Eualus spp.*, single zoeae *P. eous*, *P. goniurus*, and *Rhynocrangon sp.* were caught. All larvae were in their early zoeal stages. In April, the largest accumulations were observed in southern part of study area (above bottom depths 500–800 m) and slightly less in north – above bottom depths higher than 300 m.

In north and south of study area along western Kamchatka larvae in similar stages of development were caught in different distances from coast and above different bottom depths. This fact can be explained by complex system of currents and existence of water circulations over western Kamchatka shelf.

Conditional regions of study differed somewhat in species composition of larvae. In northern part only 2 species were found: *P. eous* and *Eualus sp.* In 2001 zoeae I–II of *Eualus sp.* were caught in 5.9% of all samples with density no more than 8 ind./m². In 2002 only one larva *P. eous* was caught.

In April in central part of study region singly larvae were caught and they were found

in 25% of samples. Few larvae of *P. eous* and *P. goniurus* were caught above bottom depths 300–350 m. In 2002 above bottom depths 125–405 m, species of genus *Eualus* were often caught, which accounted for about 60% of all larvae caught at that time. Remaining 40% were larvae of *P. eous* zoeal stages I–II.

In April in southern part of study region larvae were found in about half of samples. In 2001 dominant species of genus *Eualus*, which accounted for 80% of the number. In 2001 unidentified species of genus *Eualus* dominated, which accounted for 80% of all number. These species formed small aggregations (up to 22 ind./m²) above bottom depth 600–700 m. Occurrence was slightly higher in warmer 2002, and zoea I of *P. eous* were 83.3% of all larvae. Density of larvae above bottom depths 236–630 m was no more than 20 ind./m². Most of larvae were caught above maximum bottom depths.

Distribution of shrimp larvae in early summer

In June and July 2015 and 2016 larvae of three families were caught: Pandalidae, Thoridae, and Crangonidae. Larvae of 4 species of family Pandalidae were found: *Pandalus eous*, *P. goniurus*, *P. hypsinotus* Brandt, 1851, *P. tridens* Rathbun, 1902.

The most abundant larvae were *P. goniurus*, which were present in 64.5% of all samples where larvae of this family were found in that period. Larvae of *P. eous* composed 34.4% of all pandalids. Larvae of *P. hypsinotus* and *P. tridens* were appeared in samples sporadically. Zoea of these species were found above bottom depths of 15 to 458 m throughout entire study area.

Family Thoridae was represented by multiple species of two genera: *Spirontocaris* and *Eualus*. These larvae were caught above bottom depths of 14 to 430 m throughout entire study area. Most abundant were larvae of genus *Eualus*, which were found in 63.0% of all samples, where thorids occur. Representatives of genus *Spirontocaris* were found, respectively, in 43.6% of samples family Thoridae.

Larvae of different zoeal stages of 7 species of family Crangonidae were caught: *Argis crassa* (Rathbun, 1899), *Argis lar* (Owen, 1839), *Argis ovifer* (Rathbun, 1902), *Crangon dalli*, *Mesocrangon intermedia*, *Neocrangon communis*, *Rhynocrangon sp.* These larvae were caught above bottom depths of 11 to 430 m throughout study area. Most abundant were zoea of *N. communis*, which occurs in 56.6% of all samples with crangonids. *M. intermedia* was found slightly less frequently – in 34.7% of samples, respectively. Larvae of *A. crassa*, *A. lar*, *A. ovifer*, and *Rhynocrangon sp.* appeared sporadically in samples

Dominated by abundance were: in northern part of study area: *P. goniurus* and *Eualus spp.*, in central part *P. eous*, *P. goniurus*, *Eualus spp.*, and *M. intermedia*, in southern part *P. eous*, *C. dalli*, *N. communis*, and *Eualus spp.*

Larvae of most species of larvae (80.2% of all samples in early summer) were observed mainly above bottom depths from 14 to 100 m. Largest abundance was in north of study area. Numbers of larvae, as a rule, were no more than 60 larvae per m². In some cases accumulations of *N. communis*, *P. goniurus*, and *Eualus spp.* were observed

up to 180 ind./m². When moving from coast, starting from a 30-meter depth, number of larvae increased sharply, and when it reached depth of 100 m, it declined noticeably.

Shrimp larvae were found in 80.2% of all samples above depths of 14 to 458 m throughout the entire study area. Maximum concentrations in one station, formed due to large number of *Eualus spp.* (1410 ind./m²) were found in 2015 in beginning of July above bottom depth 40 m in northern part of study area. Accumulation of larvae of *C. dalli* (1124 ind./m²) was observed in mid-July above bottom depth of 15 m in southern part. Larvae of *Eualus spp.* formed maximum accumulation (106 ind./m²) over bottom depth of 40 m in central part. Larvae of families Crangonidae and Thoridae formed largest aggregations in northern part of study area.

Compared to 2015, in 2016 number of shrimp larvae was lower throughout study area (Fig. 6). Maximum aggregations (up to 158 ind./m²) were found in northern and southern parts above bottom depth of 60–72 m due to *P. goniurus*, whose larvae were especially abundant in samples in this year. In northern part average density of all larval species did not exceed 22 ind./m². In north larvae of the current carry them further from the coast, where they met to a depth of 464 m. In north, larvae drifted further from coast, where occur to bottom depth of 464 m.

Larvae of *P. eous* were caught along entire western coast of Kamchatka above bottom depths of 200–500 m. Much abundance (68 ind./m²) was recorded near southwestern coast close to 200-m isobath.

Distribution of shrimp larvae in late summer

Larvae of *P. eous*, *P. goniurus*, *C. dalli*, *C. septemspinosa*, *N. communis*, *M. intermedia*, and *Eualus spp.* appeared regularly in samples in second half of summer. Larvae of species of

family Crangonidae were most abundant. Larvae at all stages of development were found. Zoeal stages I and II were observed more frequently.

In July – August in northern part of western Kamchatka shelf larvae of *N. communis* dominated. However in some years (2002 and 2013) *Eualus spp.*, *M. intermedia*, *C. dalli*, and *P. goniurus* dominated. In 1999 large concentrations of larvae were not found (maximum was 78 ind./m² over bottom depth of 32 m). Mass accumulation of larvae of *C. dalli* and *N. communis* (up to 436 ind./m²) was observed in 2001 over bottom depth of 30 m. In 2002 3 species: *C. dalli*, *C. septemspinosa*, and *M. intermedia* formed two large clusters of larvae (over 1000 ind./m² of sum of these species). No significant accumulations of larvae were found in 2013.

Distribution of shrimp larvae in fall

In September most larvae were found above depths less than 50 m. Above bottom

depths higher than 50 m few larvae were found. In 1999, only late larvae were caught, and in 2003 earlier zoeal stages were found too. All larvae caught in September were mainly in last stages of development. In 1999 plankton was caught mainly above bottom depths of more than 100 m; therefore larvae were found much less than in 2003. In northern part larvae of *P. eous*, *M. intermedia*, *N. communis*, *Eualus spp.*, and *C. dalli* were found. In 1999 above bottom depth 68 m, about 40% of all species in samples were species of genus *Eualus* (up to 20 ind./m²).

In 1999 no larvae were found in central part of study area. In 2003 over bottom depth 40 m abundance of 124 ind./m² was observed, consisting of larvae of three species: *C. dalli*, *C. septemspinosa*, and *N. communis*. Larvae of *C. dalli* dominated in south of study area. Larvae of this species of all zoeal stages formed small aggregations (up to 46 ind./m²) over shallow water. In 1999 only single larvae of *C. septemspinosa* and *N. communis* were caught.

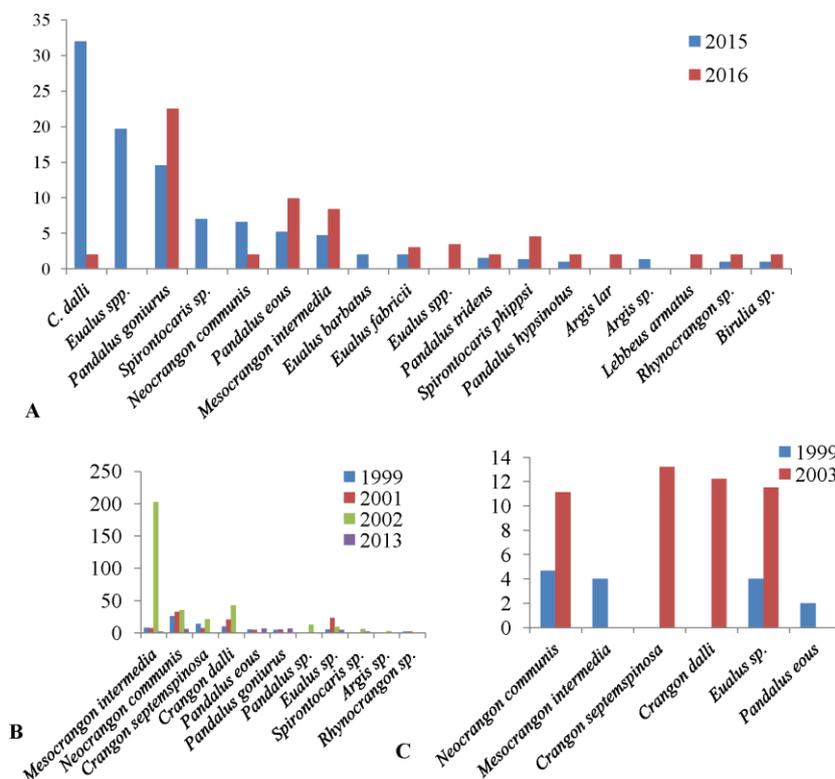


Fig. 6. Average density of caridean shrimp larvae in eastern part of Okhotsk Sea in June 2015 and 2016 (A), in July-August 1999, 2001, 2002, and 2013 (B) and in September 1999, and 2003 (C). Vertically: numbers of larvae per m²

DISCUSSION

Analyzed samples contained shrimp larvae at different stages of development. Four species (*P. eous*, *P. goniurus*, *M. intermedia*, and *N. communis*) were represented in almost all stages of development, but late zoeal stages were most often found. Two species (*Rhynocrangon sp.* and *P. tridens*) were represented only by earliest zoea. Species of genus *Argis* were represented only by latest larvae. Development of these species is short, and therefore, in June-July their larval development completed. Larvae of *M. intermedia*, *N. communis*, *P. goniurus*, *P. eous*, and *Spirontocaris spp.* were most widespread. Maximum larval abundance was observed in northern stations due to accumulations of *N. communis* and complex species of genus *Eualus*. Species diversity in northern part was less, because *P. tridens*, *C. dalli*, *A. crassa*, *A. lar*, *A. ovifer*, and *Rhynocrangon sp.* were absent in that area. Our data on distribution of larvae of *P. eous* in latitudes and depths corresponding to data of Mikhailova [2014] for adults.

In central part of study area zoeae of *N. communis* were most abundant in cold years, in temperate years *C. dalli* and *C. septemspinosa* (in 2002) or *P. goniurus* (in 2013) were most abundant. In 1999 and 2001 maximum accumulations of *N. communis* (530 and 200 ind./m²) were found over bottom depths of 20 and 50 m, respectively. In 2002 zoea of *M. intermedia* up to 700 ind./m² were caught above bottom depth 15 m. In 2013 no significant accumulations of larvae were found.

In southern part of study area zoea of *N. communis* were also abundant. In addition, there *P. goniurus* were abundant in cold years, and *C. dalli* and *C. septemspinosa* in temperate years. In 1999, one significant aggregation of larvae of *C. septemspinosa*

was found over bottom depth of 15 m. In 2001 larvae of *Eualus spp.* formed accumulation (400 ind./m²) over bottom depth of 15 m.

Autumn collections were poor. Almost all larvae were caught in night time. Only exceptions were two specimens of V zoeal stage of *N. communis* caught during daytime. It is known that larvae of this species in late stages inhabit in bottom layers of pelagic zone, and only at night rise to surface [Ouellet, Allard, 2006; Armstrong et al., 1981; Criales, McGowan, 1994]. Scarcity of collections during this period was also due to grid of stations was more sparse, plankton was caught only in upper layers. In addition, in autumn larval development of most shrimp species was already been completed.

In September, in cold years larvae were caught above bottom depths no more than 80 m. Few pandalid larvae were caught farther from coast in warmer years. Most of larvae were caught in coastal waters. Shrimp larvae were found in 20% of samples above bottom depth of 101–200 m.

Distribution of shrimp larvae above bottom depths depends on water temperature and season. In spring larvae hatch into plankton, usually above ocean depths, and by autumn they migrate to shallow water. In cold years in eastern part of Okhotsk Sea in spring larvae were caught exclusively above bottom depths of more than 200 m, in moderate years – above of more than 100 m, i.e. closer to shore (Table 5). In first half of summer larvae were more abundant above depths less than 200 m. In temperate years larvae were most often caught above shallow depths (up to 50 m), less often – above bottom depth 50–100 m. In second half of summer, in cold and temperate years, most of larvae were caught above bottom depth less than 100 m.

In September most of shrimp larvae were caught above bottom depth less than 50 m. In autumn larvae were absent outside shelf.

In second half of summer similar picture was observed: in cold years there were practically no larvae outside shelf, but in temperate years they were present in small numbers in third of samples taken above these depths. In July-August above bottom depths of 100–200 m in cold years larvae were caught only in southern part, and in temperate years, in all parts of study area. In spring larvae develop above high depths, and in summer main stock of larvae in eastern part of Okhotsk Sea was concentrated above depths of 70–100 m. In September almost all larvae were concentrated over bottom depths less than 50 m. Thus, so-called "larval belt" is formed in different seasons over different bottom depths (Fig. 7).

CONCLUSIONS

In spring, larvae were present in 2–55.6% of samples, in first half of summer – in 23.5–67.2%, in second half of summer in 17.4–100% of samples, in September – from 15.4 to 100% all analyzed samples of corresponding period. Mass development of larvae occurs, as a rule, from May to August, but in some years timing may shift. Maximum duration of development was observed for species that hatch in spring over high bottom depths. In the same species late larvae develop 1.5–2 times faster than early ones.

Table 5. Frequency of occurrence of caridean shrimp larvae above different bottom depths in eastern part of Okhotsk Sea (% of samples) depending on temperature type of years. Dash indicates no data

Month	Year type (after Luchin & Matveyev, 2016)	Vertical distribution of larvae			
		Above 50 m	Above 100 m	101–200 m	Deeper than 200 m
April	Cold	–	0	0	57.6
	Temperate	–	2.0	50.0	83.8
June-July	Temperate	87.5	50.0	49.3	30.0
	Warm	75.0	76.9	62.8	47.1
July-august	Cold	92.9	85.8	2.2–60.2	1.2
	Temperate	74.4	50.0	0–59.2	14.0
September	Cold	–	33.3	2.1	0.5
	Temperate	71.9	12.0	20.0	0

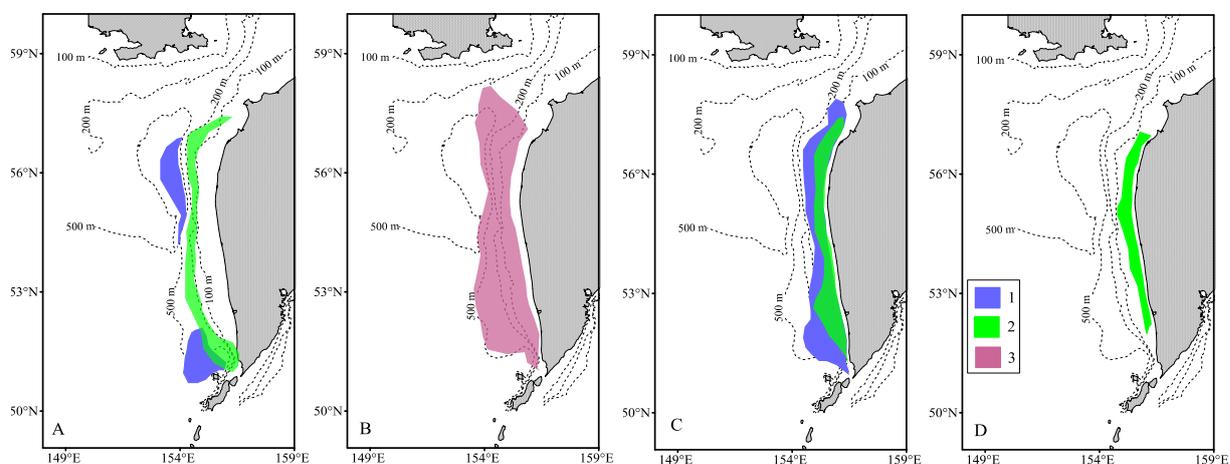


Fig. 7. Scheme of the larval belt above western Kamchatka shelf in cold years (1), moderate years (2), and warm years (3). A – April, B – June, C – July, D – September

Larval development occurs mainly over middle and inner shelf. Abundance of larvae varies over different bottom depths. Maximum concentrations of shrimp larvae over Western Kamchatka shelf were about 500 ind./m². Larvae of species of family Crangonidae prevailed. Maximum concentration of shrimp larvae (1410 ind./m²) was found in 2015 in early July in northern part of study area. Average abundance of larvae in one station varied in spring within 1–8.4 ind./m², in first half of summer – 2.7–70.9 ind./m², in second half of summer – 13.1–133, in September – from 0 to 27 ind./m².

As development progresses, larvae begin gradually migrate to coast, using compensatory sea currents or moving along large gyres. In first half of summer, lot of shrimp meroplankton appears first in outer zone of shelf waters, and by end of summer, in inner zone above bottom depth 50–70 m. By end of metamorphosis, they usually find themselves over suitable for subsidence bottom depths. Subsidence of decapodid stages occurs, as a rule, in benthos with bottom depths no more than 50 m.

In spring larvae were found above bottom depths of more than 300–400 m, in first half of summer, main concentration were in zone of outer and middle shelf, in second half of summer – above inner shelf. In autumn larvae, as a rule, were found above bottom depths less than 50 m. Decapodid stages inhabit in bottom layer above depths less than 40 m.

Distribution of shrimp meroplankton over study area is uneven. One of reasons is impact of surface currents and cyclonic gyres. Hydrological fronts can have significant impact to distribution in plankton and recruitment of benthos shrimp hemipopulation. Activity of larvae can affect their distribution. Larvae can change horizon of their habitat, as well as make horizontal movements within gyres.

– Distribution of shrimp meroplankton over study area is uneven. Mass development

of larvae occurs, as a rule, from May to August, but in some years timing may shift.

– Maximum concentrations of shrimp larvae were about 500 ind./m². Larvae of species of family Crangonidae prevailed. Maximum concentration of shrimp larvae (1410 ind./m²) was found in 2015 in early July.

– As development progresses, larvae begin gradually migrate to coast, using compensatory sea currents or moving along large gyres.

DECLARATION OF COMPETING INTEREST

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper. This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank the crews of research vessels as well as scientific staff of the Pacific Institute of Fisheries and Oceanography for collecting plankton samples and presenting them to us for study.

REFERENCES

- AquaMaps (AquaMaps Data sources). 2019. URL: <https://www.aquamaps.org/> (Accessed: April 2021).
- Armstrong D.A., Incze L.S., Wencker D.L., Armstrong J.L. 1981. Distribution and abundance of Decapod Crustacean larvae in the southeastern Bering Sea with emphasis on commercial species. *Final Report Outer Continental Shelf Environmental Assessment Program Research Unit*. № 609. P. 479–878.

- Campos J., Van der Veer H.W. 2008. Autecology of *Crangon crangon* (L.) with an emphasis on latitudinal trends. *Oceanography and Marine Biology. An Annual Review*. № 46. P. 65–104. DOI: 10.1201/9781420065756.ch3 (Accessed: April 2021).
- CaRMS (The Canadian Register of Marine Species). 2020. URL: <http://www.marine-species.org/carms/> (Accessed: April 2021).
- Criales M.M., McGowan M.F. 1994. Horizontal and vertical distribution of Peneidean larvae and micronektonic shrimps in the Florida Keys. *Bulletin of Marine Science*. Vol. 54(3). P. 843–856.
- Edwards R., Steele J.H., 1968. The ecology of 0-group plaice and common dabs at Loch Ewe. I. Population and food. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 2. P. 215–238. URL: [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(68\)90017-8](https://doi.org/10.1016/0022-0981(68)90017-8) (Accessed: April 2021).
- Evans S. 1984. Energy budgets and predation impact of dominant epibenthic carnivores on a shallow soft bottom community at the Swedish west coast. *Estuarine and Coastal Shellfish Science*. Vol. 18(6). P. 651–672. DOI:10.1016/0272-7714(84)90037-4 (Accessed: April 2021).
- Evans S., Tallmark B. 1985. Niche separation within the mobile predator guild on marine shallow soft bottoms. *Marine Ecology – Progress Series*. Vol. 23. P. 279–286. <https://www.jstor.org/stable/24815996?seq=1> (Accessed: April 2021).
- FishBase. 2020. URL: <https://www.fishbase.de/> (Accessed: April 2021).
- Gibson R.N., Yin M.C., Robb L. 1985. The behavioural basis of predator-prey size relationships between shrimp (*Crangon crangon*) and juvenile plaice (*Pleuronectes platessa*). *Journal of Marine Biological Association of the UK*. № 75. P. 337–349.
- Haynes E.B. 1980. Larval morphology of *Pandalus tridens* and a summary of the principal morphological characteristics of North Pacific pandalid shrimp larvae. *Fishery Bulletin* № 77. P. 625–640.
- Haynes E.B. 1981. Early zoeal stages of *Lebbeus polaris*, *Eualus suckleyi*, *E. fabrii*, *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. 1985. Morphological development, identification, and biology of larvae of Pandalidae, Hippolytidae, and Crangonidae (Crustacea, Decapoda) of the northern north Pacific Ocean. *Fishery Bulletin*. Vol. 83(3). P. 501–521.
- Hostens K. 2000. Spatial patterns and seasonality in the epibenthic communities of the Westerschelde (Southern Bight of the North Sea). *Journal of Marine Biological Association of the UK*. № 80. P. 27–36. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0025315499001538> (Accessed: April 2021).
- Hostens K., Hamerlynck O. 1994. The mobile epifauna of the soft bottoms in the subtidal Oosterschelde estuary: structure, function and impact of the storm-surge barrier. *Hydrobiologia*. № 282–283. P. 479–496.
- Ivanov B.G. 1965. Description of the first Far Eastern shrimp larva *Pandalus goniurus*. *Zoologicheskii Zhurnal*. № 44(8). P. 1255–1257 (in Russian).
- Ivanov B.G. 1971. Larvae of some Far Eastern shrimps due to their systematic position. *Zoologicheskii Zhurnal*. Vol. 50(5). P. 657–665 (in Russian with English abstract).
- Kalashnikov B.K., 1984. Study of biology and stocks of shrimp in northern part of the Sea of Okhotsk. Collection of reports

- of the laboratory of marine objects. Okhotskrybvod. P. 13 MS (in Russian).
- Koblikov B.K., Doljenkov V.N., Rodin V.E. et al. 2002. Current state of resources of commercial crustaceans (Decapoda) in Russian Far East basin. Abstracts of VI All-Russian conference on commercial invertebrates. Moscow: VNIRO. P. 20–22 (in Russian with English abstract).
- Konstantinov A.S. 1986. General hydrobiology. Textbook for universities. Moscow: Vysshaya shkola Publ. P. 472 (in Russian).
- Lapinska E., Szaniawska A. 2006. Environmental preferences of *Crangon crangon* (Linnaeus, 1758), *Palaemon adspersus* Rathke, 1837, and *Palaemon elegans* Rathke, 1837 in the littoral zone of the gulf of Gdansk. *Crustaceana* 79. P. 649–662. DOI: 10.1163/156854006778026799
- Luchin V.A., Matveyev V.I. 2016. Interannual variability of thermal state of cold subsurface layer of the Sea of Okhotsk. *Izvestiya TINRO*. № 187. P. 205–216 (in Russian with English abstract). URL: <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2016-187-205-216> (Accessed: April 2021).
- Makarov R.R. 1966. Lichinki krevetok, rakovotshelnikov i krabov zapadno-kamchatskogo shelfa i ikh raspredeleniye [Larvae of shrimps, hermit crabs and crabs of the Western Kamtchatka shelf and their distribution]. Moscow: Nauka Publ. P. 164 (in Russian).
- Makarov R.R. 1967. Larvae of the Shrimps and Crabs of the West Kamchatkan Shelf and their Distribution [Translated from Russian by B. Haigh]. The National Lending Library for Science and Technology, Boston Spa, UK. P. 199.
- Marin I.N. 2013. Small Atlas of Decapods of Russia. KMK Scientific Publishing Partnership. P. 145 (in Russian). URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01006594407> (Accessed: April 2021).
- Matilla J., Olafsson E.B., Johannsson A. 1990. Predation effects of *Crangon crangon* benthic infauna on shallow sandy bottoms – an experimental study from southern Sweden. In *24th European Marine Biology Symposium Trophic Relationships in the Marine Environment*. Aberdeen University Press. P. 503–516. <http://www.vliz.be/en/imis?module=ref&refid=6647> (Accessed: April 2021).
- Mikhailova O.G. 2014. Distribution and dynamics of catches of northern shrimp *Pandalus borealis* in the winter-spring period off the southwestern coast of Kamchatka. *Research of aquatic biological resources of Kamchatka and the north-western part of Pacific Ocean*. № 34. P. 22–28 (in Russian with English abstract).
- Modin J., L. Pihl 1996. Small-scale distribution of juvenile plaice and flounder in relation to predatory shrimp in a shallow Swedish bay. *J. Fish Biol.* Vol. 49(6). P. 1070–1085.
- Neves A., Cabral H.N., Gordo L.S. 2007. Distribution and abundance patterns of decapod crustaceans in the Sado estuary, Portugal. *Crustaceana*. Vol. 80(1). P. 97–112. URL: <https://www.jstor.org/stable/20107785?seq=1> (Accessed: April 2021).
- Ouellet P., Allard J.P. 2006. Vertical distribution and behaviour of shrimp *Pandalus borealis* larval stages in thermally stratified water columns: laboratory experiment and field observations. *Fisheries Oceanography*. № 15. P. 373–389. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.2005.00394.x> (Accessed: April 2021).
- Pedersen S.A., Storm L., Simonsen C.S. 2002. Northern Shrimp (*Pandalus borealis*) Recruitment in West Greenland Waters. Part I. Distribution of *Pandalus* Shrimp Larvae in Relation to Hydrography and Plankton. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* № 30. P. 19–46.

- URL: https://www.academia.edu/48342307/Northern_Shrimp_Pandalus_borealis_Recruitment_in_West_Greenland_Waters_Part_II_Lipid_Classes_and_Fatty_Acids_in_Pandalus_Shrimp_Larvae_Implications_for_Survival_Expectations_and_Trophic_Relationships (Accessed: April 2021).
- Reise K., 1985. Tidal Flat Ecology. Springer-Verlag, Berlin. P. 191. URL: <https://doi.org/10.1002/iroh.19860710519> (Accessed: April 2021).
- SeaLifeBase. 2021. URL: <https://www.sealifebase.se/search.php> (Accessed: April 2021).
- Sedova N.A. 2019. Morphology and ecology of larvae of brown shrimp in the sea waters of Kamchatka and Chukotka. Petrovsk-Kamchatsky: Kamchatka State Technical University, P. 180 (in Russian with English abstract).
- Sedova N.A., Grigoriev S.S. 2014. Systematic position of *Neocrangon communis* (Decapoda, Crangonidae) based on the features of larval morphology. *Zootaxa*. Vol. 3827(4). P. 559–575. DOI: 10.11646/zootaxa.3827.4.7 (Accessed: April 2021).
- Sedova N.A., Grigoryev S.S. 2015. Features of larval morphology in *Mesocrangon intermedia* и *Neocrangon communis* (Decapoda: Crangonidae) from the northwestern Pacific. *Zoologicheskii Zhurnal*. № 94. P. 414–428 (in Russian with English abstract).
- Sedova N.A., Grigoriev S.S. 2016. A guide for identification of families and stages of development of larvae of shrimps (Decapoda, Caridea) in near Kamchatka and adjacent waters. *Bulletin of Kamchatka State Technical University*. № 37. P. 77–84 (in Russian with English abstract). DOI: 10.17217/2079-0333-2016-37-77-84. URL: <https://kamchatgtu.ru/wp-content/uploads/2017/04/%D0%92%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA-37.pdf> (Accessed: April 2021).
- Sedova N.A., Grigoriev S.S. 2017a. A key to identification of shrimp larvae from the family Crangonidae (Decapoda, Caridea) with unabridged development from near Kamchatka waters. *Bulletin of Kamchatka State Technical University*. № 39. P. 65–73 (in Russian with English abstract). DOI: 10.17217/2079-0333-2017-39-65-73. URL: <https://kamchatgtu.ru/wp-content/uploads/2017/04/%D0%92%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA-39.pdf> (Accessed: April 2021).
- Sedova N.A., Grigoriev S.S. 2017b. A key to identification of shrimp larvae from the family Pandalidae (Decapoda, Caridea) in plankton from marine waters adjacent to Kamchatka. *Bulletin of the North-East Scientific Center, Russia Academy of Sciences Far East Branch* (Magadan). № 4. P. 111–120 (In Russian with English abstract). URL: http://vestnik.north-east.ru/2017/n4/r_Sedova.htm (Accessed: April 2021).
- Sedova N.A., Grigoryev S.S. 2017c. Morphological features of larvae of *Pandalus eous*, *P. goniurus*, and *P. tridentis* (Decapoda, Pandalidae) from near Kamchatka waters. *Zootaxa*. Vol. 4268(3). P. 301–336. DOI: 10.11646/zootaxa.4268.3.1 (Accessed: April 2021).
- Sedova N.A., Grigoryev S.S. 2018. Morphological features of larvae of the genus *Argis* Kroyer 1842 (Decapoda, Crangonidae) from coastal Kamchatka and adjacent waters. *Zoosystematica Rossica*. Vol. 27(1). P. 11–33. URL: https://www.zin.ru/journals/zsr/content/2018/zr_2018_27_1_Sedova.pdf (Accessed: April 2021).
- Slizkin A.G. 2006. An atlas-guide for crabs and shrimps of the far eastern seas of Russia. Vladivostok: TINRO-center. P. 216 (in Russian with English abstract).

- Slizkin A.G., Bukin S.D., Slizkin A.A. 2001. Horsehair crab (*Erimacrus isenbeckii*) of the North Kuril-Kamchatka shelf: biology, distribution, abundance. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)* (Vladivostok). Vol. 128(2). P. 554–570 (in Russian with English abstract).
- Squires H.J. 1993. Decapod Crustacean Larvae from Ungava Bay. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* № 10. P. 168.
- Van der Veer H.W., Bergman M.J.N. 1987. Predation by crustaceans on a newly settled 0-group plaice (*Pleuronectes platessa* L.) population in the western Wadden Sea. *Marine Ecology Progress Series*. № 35. P. 203–215. DOI: 10.3354/meps035203 (Accessed: April 2021).
- Wennhage H., Gibson R.N. 1998. Influence of food supply and a potential predator (*Crangon crangon*) on settling behaviour of plaice (*Pleuronectes platessa*). *Journal of Sea Research*. Vol. 39(1–2). P. 103–112.
- WoRMS (World Register of Marine Species). 2020. URL: <http://www.marinespecies.org/index.php> (Accessed: April 2021).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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.

Grigoriev Sergey Sergeevich – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute (KB PGI) FEB RAS; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences, Docent, Senior Researcher of Hydrobiology Laboratory; sgr@inbox.ru. SPIN-код: 3010-8053; Author ID: 976830; Scopus ID: 56258333100.

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) (*в процессе перерегистрации*)
- 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);
- 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.

Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов и имеют в течение последних 3 лет публикации по тематике рецензируемой статьи. Рецензентами журнала являются признанные высококвалифицированные ученые, имеющие степень доктора или кандидата наук с учетом их научной специализации в соответствующих областях наук.

Рукописи, получившие положительную оценку рецензентов, принимаются к опубликованию в журнале на заседании редколлегии журнала.

Редакция издания направляет авторам представленных материалов копии рецензий или мотивированный отказ, а также обязуется направлять копии рецензий в Министерство науки и высшего образования Российской Федерации при поступлении в редакцию соответствующего запроса.

Рукописи, получившие рекомендации по доработке, отправляются авторам с замечаниями рецензентов. Доработанный вариант и письмо с ответами на замечания рецензентов необходимо прислать в редакцию в указанный срок для повторного рецензирования. Датой представления считается дата поступления в редакцию исправленной рукописи статьи.

В случае если рукопись получила отрицательную оценку рецензентов, автор получает мотивированный отказ в опубликовании.

Решение редакционной коллегии о принятии статьи к печати или ее отклонении сообщается авторам.

Рецензии хранятся в редакции журнала в течение 5 лет.

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

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ СТАТЕЙ

Объем

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

Рекомендуемая структура

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

Правила набора

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

Начало статьи

Через один междустрочный интервал последовательно приводятся следующие сведения:

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

на русском языке указываются:

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

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

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

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

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

далее на английском языке через один междустрочный интервал указываются:

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

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

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

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

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

УДК

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

Иванов А.А.¹, Петрова А.А.²

¹ Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35.

² Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва, ул. Красносельская, 17.

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

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

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

Ivanov A.A.¹, Petrova A.A.²

¹ Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Klyuchevskaya Str. 35.

² Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Krasnoselskaya Str. 17.

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

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

Текст статьи

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

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

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

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

Все рисунки, кроме единственного, нумеруются. Рисунки должны быть четкими, обозначения и надписи читаемыми. Номер рисунка и подпись к нему печатаются шрифтом 10,5 размера, междустрочный интервал – 1 с выравниванием по ширине полосы без абзацного отступа (выносятся

отдельно от рисунка для возможности редактирования). *Дополнительно к комплекту документов должны быть приложены файлы рисунков в формате jpg с разрешением не менее 300 dpi.*

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

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

Образец оформления текста статьи

ВВЕДЕНИЕ

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

.....

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

.....

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

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

.....

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

Представленная таблица показывает стадии процесса деструкции

.....

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показывает, что

Образец оформления формул

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

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

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

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

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

Оформление литературы

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

Образец оформления литературы

ЛИТЕРАТУРА

- Алфимов Н.Н., Петров Ю.Е. 1972. О биологических и биохимических особенностях некоторых ламинариевых и фукусовых водорослей (Phaeophyta) острова Беринга (Командорские острова). *Ботанический журнал*. Т. 57. № 6. С. 697–700.
- Аминина Н.М., Ключкова Н.Г. 2002. Перспективы развития производства по переработке водорослей на побережье Камчатки. *Рыболовство России*. № 1. С. 54–56.
- Богданов В.Д., Сафронова Т.М. 1993. Структурообразователи и рыбные композиции. М.: ВНИРО. 172 с.
- Вафина Л.Х. 2010. Обоснование комплексной технологии переработки бурых водорослей (Phaeophyta) при получении функциональных пищевых продуктов. *Диссертация ... канд. техн. наук*. М. 280 с.
- Вишневская Т.Н., Саяпина Т.А., Аминина Н.М. 1999. Химический состав и перспективы использования экстрактов из бурых водорослей. *Тезисы докладов Российской научной конференции «Новые биомедицинские технологии с использованием биологически активных добавок»*. Владивосток. С. 10–12.
- Вялков А.Н., Козлов В.К., Бобровницкий А.И., Михайлов В.И., Подкорытова А.В., Одинец А.Г., Супрун С.В., Тулупов А.М. 2008. Морские водоросли в восстановительной медицине, комплексной терапии заболеваний с нарушением метаболизма. М.: МДВ. 156 с.
- Зацепина А.Н., Бессонова А.Д. 2016. Обоснование технологии получения продуктов из бурых водорослей. *Материалы Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование»*. С. 115–119.
- Иванюшина Е.А., Жигадлова Г.Г. 1994. Биология ламинарии *Laminaria bongardiana* на литорали острова Беринга (Командорские острова). *Биология моря*. Т. 20. № 5. С. 374–380.
- Огородников В.С. 2007. Водоросли-макрофиты Северных Курильских островов. *Автореферат диссертации ... канд. биол. наук*. Петропавловск-Камчатский. 25 с.
- Патент № 2041656 РФ. Способ получения пищевого полуфабриката из ламинариевых водорослей. *Тихоокеанский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии* (Подкорытова А.В., Ковалева Е.А., Аминина Н.М.).
- Пьянкова А.С. 2012. Получение и использование полисахаридов бурых водорослей. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 20. С. 62–66.

REFERENCES

- Alfimov N.N., Petrov Yu.E. 1972. On the biological and biochemical characteristics of some kelp and fuclean algae (Phaeophyta) of Bering Island (Commander Islands). *Botanicheskii zhurnal (Botanical journal)*. Vol. 57. № 6. P. 697–700.
- Aminina N.M., Klochkova N.G. 2002. Prospects for the development of algae processing on the coast of Kamchatka. *Rybolovstvo Rossii (Russian fishery)*. № 1. P. 54–56.
- Bogdanov V.D., Safronova T.M. 1993. Structuring agents and fish compositions. Moscow: VNIRO-press. 172 p.

- Vafina L.H. 2010. Justification of the integrated technology for processing of the brown algae (Phaeophyta) in obtaining functional food products. *Candidacy dissertation for technical sciences*. Moscow. 280 p.
- Vishnevskaya T.N., Sayapina T.A., Aminina N.M. 1999. Chemical composition and prospects of using extracts from the brown algae. *Proceedings of Russian scientific conference "New biomedical technologies using biologically active additives"*. Vladivostok. P. 10–12.
- Vyalkov A.N., Kozlov V.K., Bobrovnikskiy A.I., Mihaylov V.I., Podkoryitova A.B., Odinets A.G., Suprun C.B., Tulupov A.M. 2008. Seaweed in rehabilitation medicine, complex therapy of metabolic diseases. Moscow: MDV. 156 p.
- Zatsepina A.N., Bessonova A.D. 2016. Justification of technology for obtaining products from brown algae. *Proceedings of National (All-Russian) scientific and practical conference "Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use"*. P. 115–119.
- Ivanyushina E.A., Zhigadlova G.G. 1994. Biology of the kelp species *Laminaria bongardiana* from the tidal zone of Bering Island (Commander Islands). *Biologiya morya (Marine biology)*. Vol. 20. № 5. P. 374–380.
- Ogorodnikov B.C. 2007. Algae-macrophytes from the Northern Kuril Islands. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Petropavlovsk-Kamchatsky. 25 p.
- Patent № 2041656 RF. Method of obtaining a food semi-finished product from the laminariacean algae. *Pacific Fisheries and Oceanography Research Institute* (Podkoryitova A.V., Kovaleva E.A., Aminina N.M.).
- Ryancova A.S. 2012. Production and utilization of brown algae polysaccharides. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 20. P. 62–66.

Информация об авторах

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

Образец оформления информации об авторах

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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

Klochkova Tatyana Andreevna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences; Vice-rector for Scientific Work and International Communications, Professor of Ecology and nature management chair; tatyana_algae@mail.ru. SPIN-код: 7534-7736, Author ID: 664379; Scopus ID: 12792241800.

Образец оформления рисунков и таблиц в конце статьи

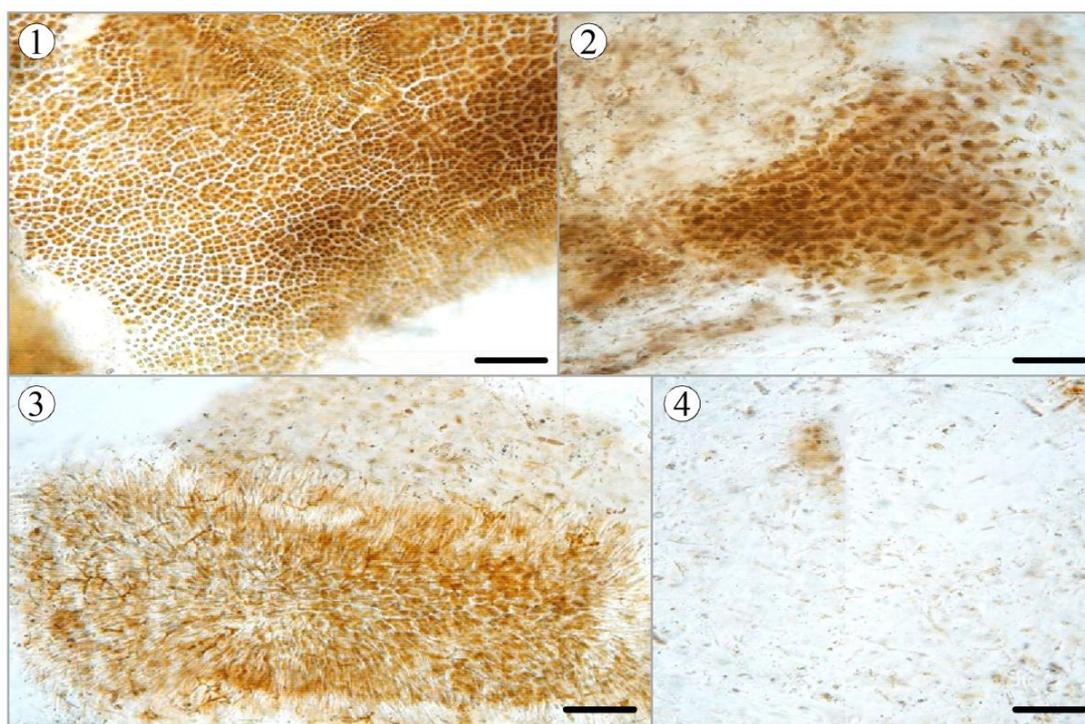


Рис. 1. Последовательность мацерации тканей *Saccharina bongardiana*: 1 – разделение дорсальной и вентральной половин слоевища и разрыхление корового слоя; 2 – разрыхление и дезинтеграция клеток меристодермы и медуллярной ткани; 3 – фрагмент соруса спорангиев с дезинтегрированными зооспорангиями и парафизами;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

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

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

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

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

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

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

Главный редактор Т.А. Клочкова

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

Адрес редакции, издателя, типографии:

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

Дата выхода в свет 30.09.2022 г.
Формат 60*84/8. Печать цифровая. Гарнитура Times New Roman
Авт. л. 9,77. Уч.-изд. л. 10,43. Усл. печ. л. 15,57
Тираж 500 экз. Заказ № 7

Подписной индекс в каталоге «Почта России» ПН093

Цена свободная

Отпечатано участком оперативной полиграфии издательства
ФГБОУ ВО «Камчатский государственный технический университет»

ISSN 2079-0333



9 772079 033418 >