

ISSN 2079-0333

**ВЕСТНИК
Камчатского
государственного
технического
университета**



Научный
журнал

Основан в 2002 г.

16+

ВЫПУСК

77

2026

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 Единый государственный перечень научных изданий – (Белый список)
Российского центра научной информации (<https://rcsi.science>),
в Перечень рецензируемых научных изданий (БАК РФ)
(<https://vak.gisnauka.ru>)

Journal is included in the Unified State List of Scientific Publications (White List)
of the Russian Scientific Information Center (<https://rcsi.science>),
in List of peer-reviewed publications (State Commission
for Academic Degrees and Titles of the Russian Federation)
(<https://vak.gisnauka.ru>)

Журнал размещается
в Научной электронной библиотеке,
в международной информационной системе по водным наукам и рыболовству ASFIS

Journal is indexed in Scientific electronic library,
in Aquatic Sciences and Fisheries International Information System ASFIS

ВЫПУСК

77

2026

Петропавловск-Камчатский

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Клочкова Т.А. (главный редактор, научный редактор, биологический раздел)	доктор биологических наук, доктор философии биологии (Ph.D.), профессор кафедры экологии и природопользования Камчатского государственного технического университета
Царенко С.Н. (научный редактор, технический раздел)	доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры технологических машин и оборудования Камчатского государственного технического университета
Васильев М.В. (научный редактор, технический раздел)	кандидат технических наук, капитан 1 ранга, начальник военного учебного центра при Камчатском государственном техническом университете
Благонравова М.В. (научный редактор, технический раздел)	кандидат технических наук, доцент, начальник отдела науки и инноваций Камчатского государственного технического университета
Ольхина О.В. (ответственный секретарь)	заведующий издательством Камчатского государственного технического университета
Белавина О.А. (технический секретарь)	кандидат химических наук, заведующий сектором патентования и научно-квалификационной деятельности отдела науки и инноваций Камчатского государственного технического университета
Артемова Е.Н.	доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии продуктов питания и организации ресторанного дела Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева
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 Российской академии наук, член-корреспондент Российской академии образования, директор Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук
Дуленин А.А.	доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Хабаровского филиала Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии
Кадникова И.А.	доктор технических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник лаборатории безопасности и качества морского растительного сырья Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра
Клочкова Н.Г.	доктор биологических наук, главный научный сотрудник Камчатского филиала Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской академии наук
Кострикова Н.А.	кандидат физико-математических наук, доцент, проректор по научной работе Калининградского государственного технического университета

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, ведущий научный сотрудник Института почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук
Марапулец Ю.В.	доктор физико-математических наук, доцент, директор Института космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук
Приходько Ю.В.	доктор технических наук, профессор, профессор Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» Дальневосточного федерального университета
Седова Н.А.	доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета
Сенкевич Ю.И.	доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Института космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук
Синявский Н.Я.	доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой физики Калининградского государственного технического университета
Токранов А.М.	доктор биологических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник Камчатского филиала Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской академии наук
Ульрих Е.В.	доктор технических наук, доцент, профессор кафедры инжиниринга технологического оборудования, директор Химико-аналитического ресурсного центра Калининградского государственного технического университета
Усов А.И.	доктор химических наук, главный научный сотрудник Института органической химии имени Н.Д. Зелинского Российской академии наук
Цыганков В.Ю.	доктор биологических наук, доцент, заместитель директора по науке Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской академии наук
Чермошенцева А.А.	доктор технических наук, доцент, профессор кафедры физики и высшей математики Камчатского государственного технического университета
Шулюпин А.Н.	доктор технических наук, член-корреспондент Российской академии наук, директор Института горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук

EDITORIAL BOARD

Klochkova T.A. (Editor-in-Chief, Scientific Editor, biological sciences)	Doctor of Biological Sciences, Doctor of Philosophy in Biology (Ph.D.), Professor of Ecology and Nature Management Chair, Kamchatka State Technical University
Tzarenko S.N. (Scientific Editor, technical sciences)	Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Professor of Technical Machines and Equipment Chair, Kamchatka State Technical University
Vasilev M.V. (Scientific Editor, technical sciences)	Candidate of Technical Sciences, Captain 1st rank, Head of Military Training Center, Kamchatka State Technical University
Blagonravova M.V. (Scientific Editor, technical sciences)	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Science and Innovation Department, Kamchatka State Technical University
Olkhina O.V. (Executive Secretary)	Head of Publishing House, Kamchatka State Technical University
Belavina O.A. (Technical Secretary)	Candidate of Chemical Sciences, Head of the Patenting and Scientific Qualification Activity Sector of Science and Innovation Department, Kamchatka State Technical University
Artemova E.N.	Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Food Technology and Organization of Restaurant Business Chair, Orel State University named after I.S. Turgenev
Vodinchar G.M.	Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Leading Scientific Researcher, 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
Dulenin A.A.	Doctor of Biological Sciences, Leading Scientific Researcher, Khabarovsk Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography
Kadnikova I.A.	Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Chief Researcher, Laboratory of Safety and Quality of Marine Plant Materials, Pacific Research Fisheries Center
Klochkova N.G.	Doctor of Biological Sciences, Chief Scientific Researcher, Kamchatka Branch of the Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
Kostrikova N.A.	Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Science, Kaliningrad State Technical University

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, Far Eastern State Technical Fisheries University
Manakov Yu.A.	Doctor of Biological Sciences, Leading Scientific Researcher, Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of Russian Academy of Sciences
Marapulets Yu.V.	Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Director of Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
Prikhodko Yu.V.	Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems", Far Eastern Federal University
Sedova N.A.	Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair, Kamchatka State Technical University
Senkevich Y.I.	Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Scientific Researcher, Institute of Cosmophysical Research and Radio Waves Propagation of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
Sinyavsky N.Ya.	Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of Physics Chair, Kaliningrad State Technical University
Tokranov A.M.	Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher, Chief Scientific Researcher, Kamchatka Branch of the Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
Ulrikh E.V.	Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Engineering of Technological Equipment Chair, Director of the Chemical-Analytical Resource Center, Kaliningrad State Technical University
Usov A.I.	Doctor of Chemical Sciences, Chief Scientific Researcher, N.D. Zelinsky Institute of Organic Chemistry of Russian Academy of Sciences
Tsygankov V.Yu.	Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Deputy Director for Science, Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
Chermoshentseva A.A.	Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Physics and Higher Mathematics Chair, Kamchatka State Technical University
Shulyupin A.N.	Doctor of Technical Sciences, Correspondent Member of Russian Academy of Sciences, Director of Mining Institute of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences

Содержание

РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Костенко А.В., Игнаткина Е.Л.

Разработка пространственно-временной математической модели
ленточного конвейера для сортировки рыбного филе.....8

Благонравова М.В., Самохин А.В.

Оптимизация параметров экстрагирования кожи кальмара21

Ульрих Е.В.

Изучение пребиотической, адсорбирующей и иммуномоделирующей активности
метаболитов гидробионтов Балтийского моря.....34

РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Лобков Е.Г.

Ревизия фауны птиц Паратунской санаторно-курортной зоны
(Юго-Восточная Камчатка)48

Клочкова Н.Г., Клочкова Т.А., Васильев М.В.

Ламинариевые водоросли морей российского Дальнего Востока:
актуализация списка видов в соответствии с современными данными.....70

Меньшенин А.С., Новожилов О.А.

Высшая водная растительность российской части Куршского залива
(Калининградская область)90

Правила направления, рецензирования и опубликования рукописей статей.....105

Правила оформления рукописей статей.....109

Contents

SECTION I. TECHNICAL SCIENCES

Kostenko A.V., Ignatkina E.L.	
Development of a spatial-temporal mathematical model of a belt conveyor for sorting fish fillets	8
Blagonravova M.V., Samokhin A.V.	
Optimization of squid skin extraction parameters	21
Ulrikh E.V.	
Studying the prebiotic, adsorbing, and immunomodelling activities of metabolites from the Baltic Sea hydrobionts	34

SECTION II. BIOLOGICAL SCIENCES

Lobkov E.G.	
Revision of the bird fauna from Paratunka sanatorium and resort zone (South-Eastern Kamchatka)	48
Klochkova N.G., Klochkova T.A., Vasilev M.V.	
Laminariacean algae from Russian far eastern seas: updating the checklist of species in accordance with modern data	70
Menshenin A.S., Novozhilov O.A.	
Higher aquatic vegetation of the Russian part of the Curonian Lagoon (Kaliningrad region)	90
Regulations for manuscript preparation, review and publication.....	105
Manuscripts guidelines.....	109

Научная статья

УДК 621.867.2:519.876.5

DOI: 10.17217/2079-0333-2026-77-8-20

РАЗРАБОТКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА ДЛЯ СОРТИРОВКИ РЫБНОГО ФИЛЕ

Костенко А.В. , Игнаткина Е.Л.

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

В работе представлена пространственно-временная математическая модель движения рыбного филе по ленточному конвейеру, разработанная с использованием уравнения Лагранжа второго рода. Филе моделируется как твердое тело с массой и моментом инерции, учитывается сила трения между филе и лентой, возможность проскальзывания и поворота. Получены уравнения движения для полной и упрощенной моделей, предложен критерий критической скорости конвейера, определяющий границы применимости упрощенного подхода. Численное моделирование выполнено методом Рунге – Кутты четвертого порядка с адаптивным шагом для различных начальных условий, имитирующих способы подачи филе на ленту. Показано, что при синхронной подаче филе (скорость филе равна скорости ленты) упрощенная модель дает результаты, полностью совпадающие с полной. Разработанная модель может быть использована для синтеза алгоритмов предиктивного управления роботами-манипуляторами в системах автоматической сортировки рыбной продукции.

Ключевые слова: критическая скорость, ленточный конвейер, метод Рунге – Кутты, проскальзывание, рыбное филе, сортировка, уравнения Лагранжа, численное моделирование.

Original article

DEVELOPMENT OF A SPATIAL-TEMPORAL MATHEMATICAL MODEL OF A BELT CONVEYOR FOR SORTING FISH FILLETS

Kostenko A.V. , Ignatkina E.L.

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

This paper presents a spatiotemporal mathematical model of fish fillet motion along a belt conveyor, developed using the Lagrange equation of the second kind. The fillet is modeled as a rigid body with mass and moment of inertia, accounting for the friction force between the fillet and the belt, slippage, and turning. Equations of motion are obtained for the full and simplified models, and a criterion for the critical conveyor speed is proposed, defining the applicability limits of the simplified approach. Numerical simulation is performed using the fourth-order Runge – Kutta method with an adaptive step for various initial conditions simulating fillet feeding methods onto the belt. It is shown that, with synchronous fillet feeding (fillet speed equal to belt speed), the simplified model yields results that are completely consistent with the full model.

 Автор, ответственный за корреспонденцию/Corresponding author: andr13kost@list.ru

The developed model can be used to synthesize predictive control algorithms for robotic manipulators in automatic fish product sorting systems.

Key words: critical speed, belt conveyor, Runge – Kutta method, slippage, fish fillet, sorting, Lagrange equations, numerical simulation.

ВВЕДЕНИЕ

Камчатский край является важнейшим рыбопромышленным регионом Российской Федерации, обеспечивающим значительную часть вылова лососевых и других ценных видов рыб. Развитие рыбоперерабатывающей отрасли региона требует внедрения современных технологий автоматизации, позволяющих повысить качество продукции, снизить долю ручного труда и обеспечить конкурентоспособность на мировом рынке [Стратегия развития..., 2019; Костенко, Кузьмичев, 2025].

В технологическом процессе изготовления рыбного филе [Технология рыбы..., 2006; ГОСТ 3948-2016] одной из наиболее трудоемких операций является сортировка и выбраковка филе, которая в настоящее время выполняется преимущественно вручную или с использованием простейших механических устройств.

Внедрение интеллектуальных систем технического зрения и роботизированных манипуляторов позволит автоматизировать этот процесс, но требует разработки математических моделей, позволяющих адекватно представлять все составляющие этапы сортировки.

Исходя из особенностей процесса сортировки с использованием нейросетей и машинного зрения, необходимы следующие модули и системы оборудования:

- транспортирующий модуль (ленточный конвейер для передвижения филе);
- система машинного зрения (камеры, объективы для получения изображений филе);

- осветительный модуль (источники света, в т. ч. в разных диапазонах, диффузоры для создания рассеянного света);

- исполнительные механизмы (манипулятор для удаления брака или лазерный указатель для филе, подлежащего отбраковке);

- датчики (энкодер – для измерения скорости ленты конвейера, оптический – для детекции прохождения филе, датчик влажности – для контроля поверхности и т. д.)

- управляющий модуль (контроллеры, серверы для обработки информации и управления процессом).

С учетом перечисленного оборудования представляется необходимым создание комплексной модели, которая должна включать в себя: пространственно-временную модель ленточного конвейера; геометрическую и оптическую модель сцены; модель формирования изображения в камере.

Отметим сложность формализации процессов сортирования и выбраковки рыбного филе в силу как сложности технических объектов, так и изменяющихся факторов, обусловленных, например, нелинейным характером взаимодействия филе с лентой конвейера и вариативностью оптико-физических свойств сырья.

Целью нашей работы является разработка пространственно-временной математической модели движения рыбного филе по ленточному конвейеру, учитывающей основные динамические факторы и позволяющей определять местоположение филе для систем автоматической сортировки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследованию работы ленточных конвейеров посвящено множество работ. Общим методологическим подходом для получения математических выражений, описывающих движение ленты, является использование метода Лагранжа. Большинство фундаментальных исследований нацелено на изучение нагрузочных и переходных режимов, оценку прочности и долговечности конвейеров, эксплуатируемых в тяжелых условиях, например, в горнодобывающей промышленности и на угольных разрезах. Так, в работе [Дмитриев, Вержанский, 2017] изложены основы теории ленточных конвейеров, а в [Nuttall, Lodewijks, 2007; Реутов, 2019] рассматриваются вопросы многодвигательных приводов и пуско-тормозных режимов для конвейерных линий. В работе [Дмитриева, Гершун, 2008] представлена математическая модель конвейера с двухдвигательным приводом, полученная с использованием уравнений Лагранжа второго рода, что позволяет исследовать распределение усилий между приводами и динамику ленты как системы с распределенными параметрами. Современные исследования, такие как [Дмитриева, Дзюин, 2024], демонстрируют применение многомассовых систем для моделирования многодвигательного электропривода с учетом электрической части, редукторов и взаимодействия ленты с барабанами.

Ленточный конвейер, используемый при сортировке рыбного филе, обладает специфическими особенностями, связанными с условиями работы. К ним относятся:

- повышенная влажность и наличие водной пленки, существенно меняющие фрикционные свойства в зоне контакта «филе-лента»;

- специфические особенности контакта «филе-лента», связанные с формой, упругостью и возможным проскальзыванием филе;

- небольшие весовые нагрузки, при которых инерционные и упругие свойства самой ленты играют меньшую роль, чем при транспортировке насыпных грузов;

- небольшая длина конвейера, позволяющая не учитывать колебательные процессы ленты;

- задача точного позиционирования единичных штучных объектов, являющаяся главной при работе в комплексе с другим оборудованием.

В связи с этим разработка пространственно-временной модели ленточного конвейера для перемещения рыбного филе, учитывающей специфические особенности контакта «филе-лента», является актуальной научной и практической задачей.

На рисунке 1 приведена расчетная схема конвейера с филе, находящимся на ленте.

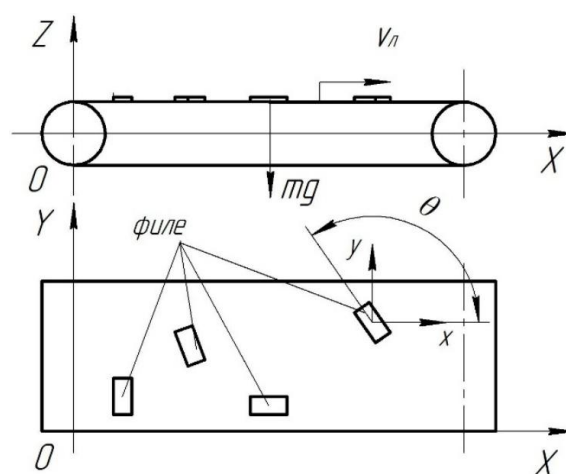


Рис. 1. Расчетная схема конвейера для сортировки филе

Fig. 1. Calculation scheme of the conveyor for sorting fillets

В качестве исходных данных принимаем, что филе является твердым телом массой m и моментом инерции I относи-

тельно центра масс. Неподвижная (инерциальная) система отсчета OXY связана с рамой конвейера. Ось OX направлена вдоль движения ленты, ось OY – поперек ленты. Кроме этого, принимаем, что конвейерная лента движется с постоянной скоростью v_d вдоль оси OX , вибрации и колебания скорости отсутствуют.

Для определения местоположения филе введем переменные состояния:

- $x(t)$ – продольное смещение центра масс филе относительно неподвижной системы координат;
- $y(t)$ – поперечное смещение центра масс филе;
- $\theta(t)$ – угол поворота филе вокруг вертикальной оси (нормаль к плоскости ленты).

В момент попадания на ленту ($t = 0$, начальные условия) филе имеет:

$$\begin{aligned} x(0) = 0, \quad y(0) = y_0, \quad \theta(0) = \theta_0, \\ \dot{x}(0) = v_{x0}, \quad \dot{y}(0) = v_{y0}, \quad \dot{\theta}(0) = \omega_0. \end{aligned}$$

Отметим, что значения v_{x0} , v_{y0} , ω_0 определяются условиями попадания филе на конвейер, например, с вращающегося диска. Измерительной системе в этом случае эти значения известны.

На филе действуют сила тяжести mg , уравновешенная вертикальной реакцией ленты и сила трения $F_{тр}$, действующая в плоскости ленты и возникающая вследствие проскальзывания филе относительно ленты.

В качестве модели трения примем закон Амонтона – Кулона для сухого трения с комбинированным коэффициентом трения $f_{тр}$, который учитывает материал и состояние ленты, особенности, влажность и состояние поверхности филе.

Функция Лагранжа имеет вид:

$$L = T - \Pi, \quad (1)$$

где T и Π – соответственно кинетическая и потенциальная энергия системы, выраженные через обобщенные координаты и скорости.

Потенциальная энергия для горизонтального движения отсутствует ($\Pi = 0$), так как высота центра масс не меняется, поэтому выражение (1) для движения филе на ленточном конвейере принимает вид

$$L = T - \Pi = T = \frac{1}{2}m(\dot{x}^2 + \dot{y}^2) + \frac{1}{2}I\dot{\theta}^2, \quad (2)$$

где T представляет собой полную кинетическую энергию системы в виде суммы поступательной и вращательной составляющих.

Обобщенная сила для обобщенной координаты q_i определяется выражением

$$Q_i = \sum_j F^{(j)} \frac{\partial r^{(j)}}{\partial q_i},$$

где $r^{(j)}$ – радиус-вектор точки приложения j -й силы.

Сила трения $F_{тр}$ учитывается через обобщенные силы Q_x , Q_y , Q_θ и направлена противоположно вектору скорости скольжения $v_{ск}$:

$$F_{тр} = f_{тр}mg. \quad (3)$$

Скорость центра масс филе:

$$v_{сф} = (\dot{x}, \dot{y}).$$

Так как движение филе на ленте происходит без отрыва, и контакт осуществляется по всей поверхности, то точка контакта P совпадает с проекцией центра масс филе на плоскость ленты, а скорость скольжения (т. е. скорость филе относительно ленты)

$$v_{\text{ск}} = v_P - v_{\text{л}},$$

следовательно

$$v_{\text{ск}} = (\dot{x} - v_{\text{л}}, \dot{y}).$$

При наличии скольжения получаем величину силы трения с учетом (3)

$$F_{\text{тр}} = -f_{\text{тр}} mg \frac{v_{\text{ск}}}{|v_{\text{ск}}|},$$

откуда

$$F_x = -f_{\text{тр}} mg \frac{\dot{x} - v_{\text{л}}}{\sqrt{(\dot{x} - v_{\text{л}})^2 + \dot{y}^2}},$$

$$F_y = -f_{\text{тр}} mg \frac{\dot{y}}{\sqrt{(\dot{x} - v_{\text{л}})^2 + \dot{y}^2}}.$$

Так как сила трения приложена в точке контакта P , а радиус-вектор точки P в системе XOY равен $r_P = (x, y)$, то для координат x и y имеем

$$\frac{\partial r_P}{\partial x} = (1, 0), \quad \frac{\partial r_P}{\partial y} = (0, 1).$$

Тогда получаем

$$Q_x = F_{\text{тр}} \cdot (1, 0) = F_x =$$

$$= -f_{\text{тр}} mg \frac{\dot{x} - v_{\text{л}}}{\sqrt{(\dot{x} - v_{\text{л}})^2 + \dot{y}^2}}; \quad (4)$$

$$Q_y = F_{\text{тр}} \cdot (0, 1) = F_y =$$

$$= -f_{\text{тр}} mg \frac{\dot{y}}{\sqrt{(\dot{x} - v_{\text{л}})^2 + \dot{y}^2}}. \quad (5)$$

Далее определим обобщенную силу по углу θ .

Так как точка приложения силы P не совпадает с центром масс фиде при враще-

нии, то необходимо найти зависимость координат точки P от угла θ .

Введем вектор d – смещение точки контакта относительно центра масс в системе координат, связанной с телом. Для простоты предположим, что это смещение постоянно и равно d (эффективное плечо), а его направление зависит от угла поворота. В системе XOY

$$r_P = r_c + R(\theta)d_0,$$

где $d_0 = (d_x, d_y)$ – вектор в связанной системе;

$R(\theta)$ – матрица поворота.

Примем, что центр давления смещен вдоль продольной оси фиде на расстояние d , причем в связанной системе этот вектор равен $(d, 0)$. Тогда в системе XOY

$$r_P = (x + d \cos \theta, y + d \sin \theta).$$

Теперь можно найти частную производную

$$\frac{\partial r_P}{\partial \theta} = (-d \sin \theta, d \cos \theta)$$

и получить обобщенную силу по углу θ

$$Q_\theta = F_{\text{тр}} \frac{\partial r_P}{\partial \theta} = F_x (-d \sin \theta) + F_y (d \cos \theta)$$

или после подстановки F_x и F_y и упрощений

$$Q_\theta = -\frac{f_{\text{тр}} mg d}{\sqrt{(\dot{x} - V)^2 + \dot{y}^2}} \times$$

$$\times [(\dot{x} - V) \sin \theta - \dot{y} \cos \theta]. \quad (6)$$

Уравнение Лагранжа второго рода в обобщенных координатах имеет вид

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_i.$$

Получим уравнения для координат x, y, θ :

$$\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial \dot{x}} &= m\dot{x}, \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{x}} \right) = m\ddot{x}, \quad \frac{\partial L}{\partial x} = 0; \\ \frac{\partial L}{\partial \dot{y}} &= m\dot{y}, \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{y}} \right) = m\ddot{y}, \quad \frac{\partial L}{\partial y} = 0; \\ \frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}} &= I\dot{\theta}, \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{\theta}} \right) = I\ddot{\theta}, \quad \frac{\partial L}{\partial \theta} = 0. \end{aligned}$$

Подставляем Q_x, Q_y и Q_θ (4), (5) и (6):

$$\begin{aligned} m\ddot{x} &= -f_{\text{тр}} mg \frac{\dot{x} - V}{\sqrt{(\dot{x} - V)^2 + \dot{y}^2}}; \\ m\ddot{y} &= -f_{\text{тр}} mg \frac{\dot{y}}{\sqrt{(\dot{x} - V)^2 + \dot{y}^2}}; \\ I\ddot{\theta} &= f_{\text{тр}} mg \frac{d}{\sqrt{(\dot{x} - V)^2 + \dot{y}^2}} [(\dot{x} - V) \sin \theta - \dot{y} \cos \theta]. \end{aligned}$$

Откуда получим окончательную систему уравнений

$$\begin{aligned} \ddot{x} &= -f_{\text{тр}} g \frac{\dot{x} - v_{\text{л}}}{\sqrt{(\dot{x} - v_{\text{л}})^2 + \dot{y}^2}}; \\ \ddot{y} &= -f_{\text{тр}} g \frac{\dot{y}}{\sqrt{(\dot{x} - v_{\text{л}})^2 + \dot{y}^2}}; \\ \ddot{\theta} &= \frac{f_{\text{тр}} mgd}{I\sqrt{(\dot{x} - v_{\text{л}})^2 + \dot{y}^2}} [(\dot{x} - v_{\text{л}}) \sin \theta - \dot{y} \cos \theta]. \end{aligned} \quad (7)$$

Полученная система дифференциальных уравнений позволяет:

- предсказывать траекторию $x(t), y(t), \theta(t)$ с момента обнаружения филе;
- определять координаты захвата с учетом возможного поворота филе (изменение ориентации филе на ленте влияет на параметры захвата, если таковой используется);
- в реальном времени решать прямую задачу динамики, что становится важным при высокоскоростной сортировке.

Уравнения (7) были получены с учетом возможного проскальзывания филе относительно ленты. Однако при низких скоростях ленты такого не происходит, в связи с чем можно упростить полученную модель, приняв, что скольжение отсутствует.

В этом случае скорость центра масс филе равна скорости ленты в продольном направлении, а поперечная скорость и вращение отсутствуют.

Условие неподвижности относительно ленты

$$\dot{x} = v_{\text{л}}, \quad \dot{y} = 0, \quad \dot{\theta} = 0.$$

Тогда итоговые уравнения упрощенной модели принимают вид

$$\begin{aligned} x(t) &= v_{\text{л}} t + x_0; \\ y(t) &= y_0 = \text{const}; \\ \theta(t) &= \theta_0 = \text{const}. \end{aligned} \quad (8)$$

Упрощенная модель соответствует режиму сцепления, когда сила трения достаточно для компенсации любых малых возмущений и филе движется как единое целое с лентой.

Преимущества упрощенной модели очевидны: максимальная простота и вычислительная эффективность. Недостатки следуют из упрощения: не учитывает возможное проскальзывание, поворот и поперечное смещение; при высоких скоростях или влажном филе может давать существенную ошибку.

Очевидно, что возможности использования упрощенной модели будут зависеть, прежде всего, от скорости ленты – модель достаточно для систем с медленными конвейерами и надежным сцеплением.

Определим критическую скорость конвейера, выше которой упрощенная модель становится неприменимой. Для этого

необходимо сравнить силы, удерживающие филе на ленте (трение покоя), с силами, стремящимися вызвать проскальзывание.

Критическая ситуация наступает, когда ускорение филе превысит максимальное ускорение, которое может обеспечить сила трения покоя

$$a_v > a_{\max} = f_{\text{тр}} g,$$

где $f_{\text{тр}}$ – коэффициент трения покоя (трение скольжения и трения покоя для упрощения считаем равными).

Рассмотрим ситуацию, когда филе в начальный момент имеет скорость, отличную от скорости ленты, т. е. $v_{x0} \neq v_l$. В этом случае возникает ускорение, стремящееся ликвидировать разность скоростей

$$a = \frac{|v_l - v_{x0}|}{\Delta t}.$$

Для того чтобы выравнивание скоростей произошло до того, как филе сместится на расстояние, превышающее допустимое (например, на расстояние соизмеримое с размерами самого филе), необходимо, чтобы:

$$a_{\max} \geq \frac{|v_l - v_{x0}|}{T}.$$

где T – допустимое время выравнивания.

В качестве T можно взять время скольжения $T_{\text{ск}}$, за которое филе при разности скоростей сместится относительно ленты на величину, сравнимую с его продольным размером L_x , т. е. получим выражение для времени, за которое проскальзывание достигнет L_x :

$$T_{\text{ск}} = \frac{L_x}{\Delta v}.$$

Чтобы избежать такого проскальзывания, необходимо, чтобы ускорение $a_{\max}$ уменьшило Δv до нуля раньше, чем пройдет $T_{\text{ск}}$.

При постоянном ускорении $a_{\max}$ время выравнивания $T_{\text{выр}}$ определяется выражением

$$T_{\text{выр}} = \frac{\Delta v}{a_{\max}}.$$

С учетом условия $T_{\text{выр}} < T_{\text{ск}}$ получаем

$$\frac{\Delta v}{a_{\max}} < \frac{L_x}{\Delta v},$$

отсюда, учитывая, что $a_{\max} = f_{\text{тр}} g$:

$$\Delta v < \sqrt{f_{\text{тр}} g L_x}.$$

Условие возможности использования упрощенной модели имеет вид

$$|v_l - v_{x0}| < \sqrt{f_{\text{тр}} g L_x} \quad \forall v_{x0} \in [0, v_{x0}^{\max}].$$

Как правило, филе подается на ленту со скоростью в направлении движения, но возможен случай, когда $v_{x0} < v_l$. Тогда критическим будет случай $v_{x0} = 0$ (филе помещается на ленту без начальной продольной скорости). Условие применения упрощенной модели будет:

$$v_l < \sqrt{f_{\text{тр}} g L_x}.$$

Если $v_{x0} > v_l$ (филе подается со скоростью, превышающей скорость ленты), то имеем:

$$v_l - v_{x0} < \sqrt{f_{\text{тр}} g L_x} \quad \text{и} \quad v_{x0} - v_l < \sqrt{f_{\text{тр}} g L_x},$$

откуда при $v_{x0} = v_{x0}^{\max}$ получаем:

$$v_{\text{л}} > v_{x0}^{\text{max}} - \sqrt{f_{\text{тр}} g L_x}.$$

Таким образом, получаем интервал допустимых скоростей

$$v_{x0}^{\text{max}} - \sqrt{f_{\text{тр}} g L_x} < v_{\text{л}} < \sqrt{f_{\text{тр}} g L_x} + v_{x0}^{\text{min}},$$

где v_{x0}^{min} – минимальная возможная начальная скорость.

На практике можно использовать оценку, принимая наихудший случай $v_{x0} = 0$:

$$v_{\text{кр}} = \sqrt{f_{\text{тр}} g L_x}. \quad (9)$$

Если скорость ленты конвейера превышает $v_{\text{кр}}$, то филе, попавшее на ленту с нулевой скоростью, не успеет разогнаться до $v_{\text{л}}$ на расстоянии, равном его длине, и будет существенно проскальзывать, что делает упрощенную модель неприменимой.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для демонстрации адекватности и работоспособности составленных уравнений (7), а также исследования возможности использования упрощенной модели (8) выполним расчеты. Для решения системы дифференциальных уравнений движения филе был выбран метод Рунге – Кутты четвертого порядка (RK45) с адаптивным шагом, реализованный с помощью библиотеки SciPy с использованием языка программирования Python.

Для всех вариантов расчетов были приняты следующие данные: масса филе – 0,2 кг, размеры филе – 0,13 × 0,04 м, плечо силы трения – 0,015 м, скорость ленты 0,8 м/с, коэффициент трения – 0,4. Полученное значение критической скорости для всех ниже исследованных случаев составило 0,714 м/с.

На рисунках 2–5 приняты следующие обозначения: a , b – зависимости продольной $x = x(t)$ и поперечной $y = y(t)$ координат от времени; v , z – зависимости продольной $v_x = v_x(t)$ и поперечной $v_y = v_y(t)$ скорости от времени; 1, 2 – соответственно графики для полной и упрощенной модели.

На рисунке 2 показаны результаты моделирования для начальных условий: $x_0 = 0$, $y_0 = 0,05$ м, $v_{x0} = 0,3$ м/с, $v_{y0} = 0,1$ м/с, т. е. случай, когда филе попадает на ленту с вращающегося диска, имея начальную скорость.

Из рисунка 2, a видно, что определение продольной координаты для двух моделей практически одинаковое, на рисунке 2, b видно, что полная модель учитывает наличие начальной поперечной скорости, что приводит к отличающимся координатам y . Рисунок 2, v и z ожидаемо показал нечувствительность упрощенной модели к разности скоростей, что привело к результатам, не отображающим реальные процессы (продольная скорость филе не достигла скорости ленты, а боковая скорость так и осталась на начальном уровне).

На рисунке 3 показаны результаты для условий: $x_0 = y_0 = 0$, $\theta_0 = 0$ рад, $v_{x0} = v_{y0} = 0$ (филе попадает на ленту с нулевой скоростью).

Как видно из рисунка 2, b и z , отсутствие боковой скорости филе привело к совпадению результатов упрощенной и полной модели по параметрам y и v_y . Рисунок 2, a и v демонстрирует, как и для предыдущего случая, отличия двух моделей – упрощенная модель не способна в таких случаях отображать реальность.

На рисунке 4 показаны результаты для моделирования аналогично предыдущему, но филе попадает на ленту со скоростью, равной скорости ленты: $v_{x0} = v_{\text{л}} = 0,8$ м/с, $v_{y0} = 0$ м/с.

Как видно из рисунка 4, обе модели показали идентичные результаты.

На рисунке 5 приведены результаты, в отличие от вышеприведенных, для скорости ленты конвейера меньше критической 0,5 м/с, начальные параметры: $x_0 = y_0 = 0$, $v_{x0} = 0,3$ м/с, $v_{y0} = 0$.

Как видно из рисунка 5, модели показали практически одинаковые результаты по координатам, несмотря на разницу скоростей (рис. 5, в). Это подтверждает, что использование упрощенной модели ограничивается критической скоростью.

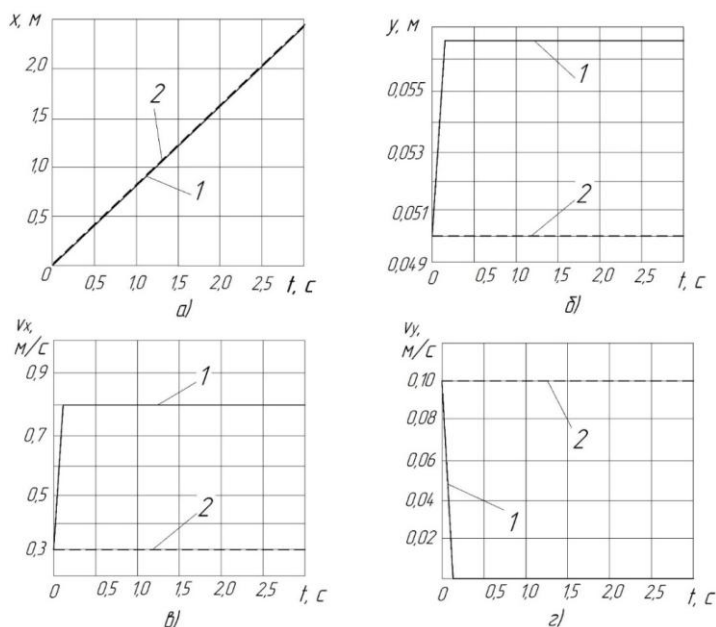


Рис. 2. Результаты моделирования для случая, когда филе попадает на ленту с начальной скоростью $v_{x0} = 0,3$ м/с, $v_{y0} = 0,1$ м/с

Fig. 2. Simulation results for the case where the fish fillet walk onto the conveyor belt with an initial velocity $v_{x0} = 0,3$ м/с, $v_{y0} = 0,1$ м/с

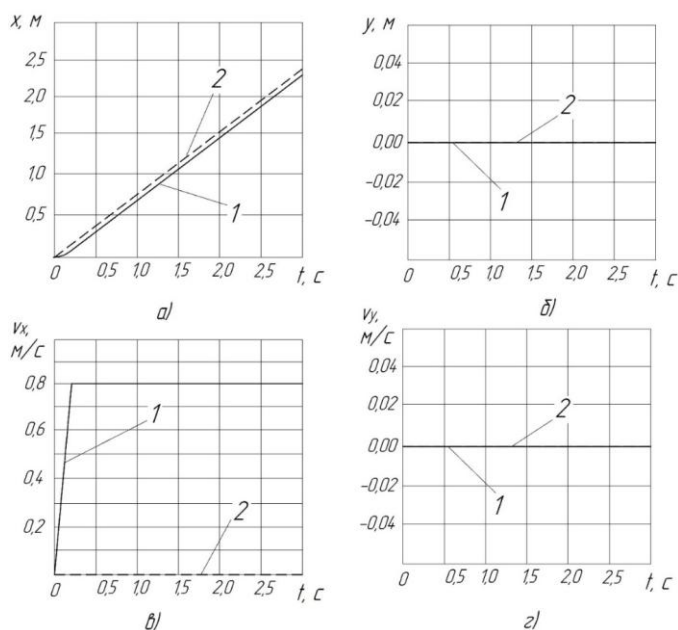


Рис. 3. Результаты моделирования для случая, когда филе попадает на ленту с начальной скоростью $v_{x0} = v_{y0} = 0$

Fig. 3. Simulation results for the case where the fish fillet walk onto the conveyor belt with an initial velocity $v_{x0} = v_{y0} = 0$

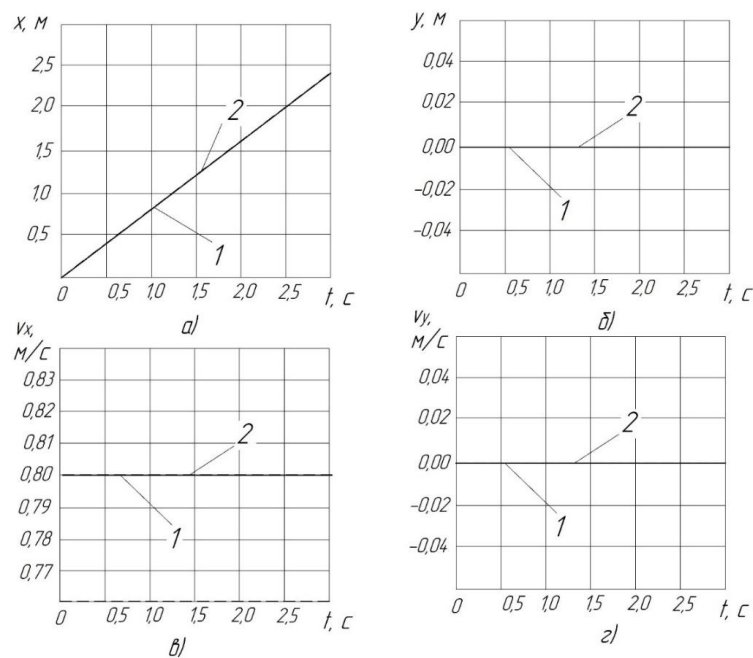


Рис. 4. Результаты моделирования для случая, когда филе попадает на ленту с начальной скоростью $v_{x0} = 0.8$ м/с, $v_{y0} = 0$

Fig. 4. Simulation results for the case where the fish fillet walk onto the conveyor belt with an initial velocity $v_{x0} = 0.8$ m/s, $v_{y0} = 0$

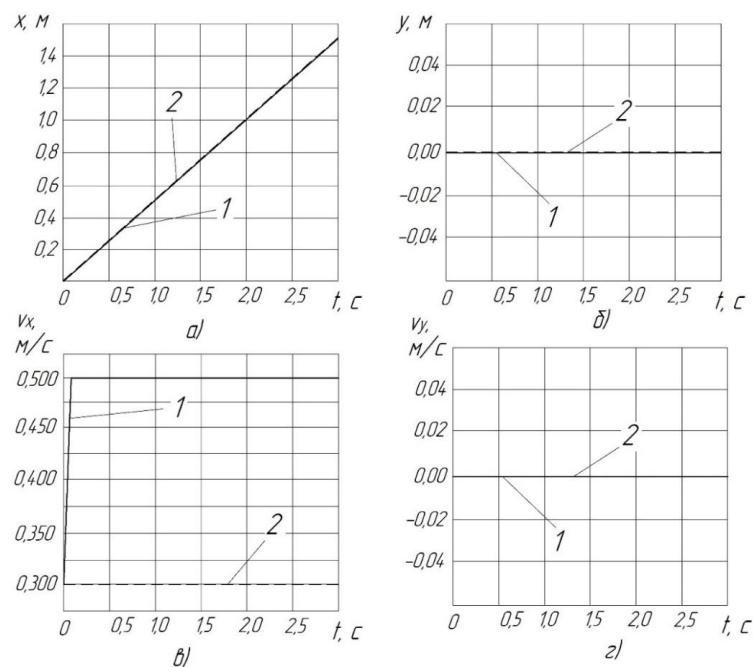


Рис. 5. Результаты моделирования для случая, когда филе попадает на ленту с начальной скоростью $v_{x0} = 0.3$ м/с, $v_{y0} = 0$

Fig. 5. Simulation results for the case where the fish fillet walk onto the conveyor belt with an initial velocity $v_{x0} = 0.3$ m/s, $v_{y0} = 0$

Полученные результаты моделирования позволяют сделать ряд выводов относительно особенностей применения разработанных моделей в системах автоматической сортировки рыбного филе.

Прежде всего, следует отметить, что предложенная полная пространственно-временная модель (7) адекватно описывает динамику филе на ленточном конвейере при различных начальных условиях. Возможность учета поперечного смещения и вращения филе позволяет прогнозировать траекторию движения с достаточно высокой точностью, что важно для систем технического зрения и роботизированных манипуляторов.

Упрощенная модель (8), как и ожидалось, демонстрирует свою несостоятельность при наличии относительной скорости скольжения в начальный момент времени. При отсутствии начальной относительной скорости упрощенная модель дает результаты, идентичные результатам полной модели, что позволяет рекомендовать ее использование в системах с синхронизированной подачей филе.

Особый интерес представляет случай, когда скорость ленты ниже критической. Несмотря на наличие разности продольных скоростей, упрощенная модель может обеспечивать приемлемую точность, однако в конкретных реальных условиях эксплуатации упрощенная модель может выдавать существенную погрешность, которая будет увеличиваться при приближении скорости ленты конвейера к критической, поэтому в этих случаях целесообразно использование полной модели.

В дальнейшей работе предполагается интеграция разработанной пространственно-временной модели с оптической моделью сцены и моделью формирования изображения для создания комплексного цифрового двойника сортировочной линии.

Это позволит проводить виртуальные испытания алгоритмов управления без затратного натурального эксперимента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана пространственно-временная математическая модель движения рыбного филе по ленточному конвейеру с использованием уравнения Лагранжа. Модель учитывает филе как твердое тело с массой и моментом инерции, силу трения между филе и лентой, возможность проскальзывания и вращения.

Получены уравнения движения для полной и упрощенной моделей. Показано, что упрощенная модель (без проскальзывания) применима при скоростях конвейера, не превышающих критическое значение.

Проведено численное моделирование для различных начальных условий, подтверждающее адекватность разработанных моделей.

Разработанная модель является основой для создания интеллектуальных систем сортировки рыбной продукции на предприятиях Камчатского края и может быть интегрирована в алгоритмы предиктивного управления роботами-манипуляторами.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ВКЛАД АВТОРОВ

Костенко А.В., Игнаткина Е.Л. – сбор и математический анализ данных, написание статьи.

Авторы прочитали и согласны с представленным вариантом рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 3948-2016. Филе рыбы мороженое. Технические условия. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/62868> (дата обращения: 04.02.2026).
- Дмитриев В.Г., Вержанский А.П. 2017. Основы теории ленточных конвейеров. Москва: Горная книга. 572 с.
- Дмитриева В.В., Гершун С.В. 2008. Разработка математической модели ленточного конвейера с двухдвигательным приводом. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. № 8. С. 295–303.
- Дмитриева В.В., Дзюин Д.В. 2024. Математическая и компьютерная модель многомассовой системы многодвигательного электропривода ленточного конвейера. *Горное оборудование и электромеханика*. № 2 (172). С. 3–12. DOI: 10.26730/1816-4528-2024-2-3-12
- Костенко А.В., Кузьмичев Д.К. 2025. Перспективы использования машинного зрения в рыбной отрасли. *Материалы XIV Национальной (всероссийской) научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование»*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. С. 45–49.
- Реутов А.А. 2019. Моделирование стационарных режимов работы многоблочных приводов ленточных конвейеров. *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. Vol. 62. № 2. С. 40–47.
- Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2019 г. № 2798-р. Москва: Правительство РФ. 112 с.

- Технология рыбы и рыбных продуктов. 2006. Под ред. А.М. Ершова. Санкт-Петербург: Гиорд. 941 с.
- Nuttall A.J.G., Lodewijks G. 2007. Dynamics of multiple drive belt conveyor systems. *Particle and Particle Systems Characterization*. Vol. 24. P. 365–369. DOI: 10.1002/ppsc.200601118.

REFERENCES

- GOST 3948-2016. Frozen fish fillet. Specifications. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/62868> (assessed: 04.02.2026) (in Russian).
- Dmitriev V.G., Verzhansky A.P. 2017. Fundamentals of belt conveyor theory. Moscow: Gornaya Kniga Publ. 572 p. (in Russian).
- Dmitrieva V.V., Gershun S.V. 2008. Development of a mathematical model of a belt conveyor with a twin-motor drive. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten (Mining Information and Analytical Bulletin)*. № 8. P. 295–303 (in Russian).
- Dmitrieva V.V., Dzyuin D.V. 2024. Mathematical and computer model of a multi-mass system of a multi-motor electric drive of a belt conveyor. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika (Mining Equipment and Electromechanics)*. № 2 (172). P. 3–12. DOI: 10.26730/1816-4528-2024-2-3-12 (in Russian).
- Kostenko A.V., Kuzmichev D.K. 2025. Prospects for using machine vision in the fishing industry. *Proceedings of the XIV National (All-Russian) Scientific and Practical Conference “Natural resources, their current state, protection, commercial and technical use”*. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatSTU. P. 45–49 (in Russian).
- Reutov A.A. 2019. Modeling of steady-state operating modes of multi-block belt conveyor drives. *Sovremennyeologii*.

Sistemnyi analiz. Modelirovanie (Modern Technologies. System Analysis. Modeling). Vol. 62. № 2. P. 40–47 (in Russian).

Strategy for the development of the fisheries complex of the Russian Federation through 2030. Approved by Order of the Government of the Russian Federation dated November 26, 2019, № 2798-г. Moscow: Government of the Russian Federation. 112 p. (in Russian).

Fish and fish product technology. 2006. Ed.: Ershov A.M. St. Petersburg: Giord Publ. 941 p. (in Russian).

Nuttall A.J.G., Lodewijks G. 2007. Dynamics of multiple drive belt conveyor systems. *Particle and Particle Systems Characterization*. Vol. 24. P. 365–369. DOI: 10.1002/ppsc.200601118.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Костенко Андрей Викторович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технологические машины и оборудование»; andr13kost@list.ru. SPIN-код: 8772-3835, Author ID: 829755; Scopus ID: 57222484836; ORCID: 0000-0002-9695-5009.

Kostenko Andrei Victorovich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Head of Technological Machines and Equipment Chair; andr13kost@list.ru. SPIN-code: 8772-3835, Author ID: 829755; Scopus ID: 57222484836; ORCID: 0000-0002-9695-5009.

Игнаткина Евгения Леонидовна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологические машины и оборудование»; sel_post@mail.ru. SPIN-код: 4107-5333, Author ID 914742; Scopus ID: 57222485429.

Ignatkina Evgeniia Leonidovna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Technological Machines and Equipment Chair; sel_post@mail.ru. SPIN-code: 4107-5333, Author ID: 914742; Scopus ID: 57222485429.

Статья поступила в редакцию 25.03.2026; одобрена после рецензирования 21.04.2026; статья принята к публикации 28.09.2026.

The article was submitted 25.03.2026; approved after reviewing 21.04.2026; accepted for publication 28.09.2026.

Для цитирования: Костенко А.В., Игнаткина Е.Л. 2026. Разработка пространственно-временной математической модели ленточного конвейера для сортировки рыбного филе. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 77. С. 8–20. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2026-77-8-20>.

For citation: Kostenko A.V., Ignatkina E.L. 2026. Development of a spatial-temporal mathematical model of a belt conveyor for sorting fish fillets. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 77. P. 8–20 (in Russian). <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2026-77-8-20>.

Научная статья

УДК 664.952/.957

DOI: 10.17217/2079-0333-2026-77-21-33

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ КОЖИ КАЛЬМАРА

Благонравова М.В.✉, Самохин А.В.

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

Кожа кальмара является недоиспользованным вторичным сырьем, образующимся при его разделке. С учетом значительных объемов остающейся после разделки кожи, а также ее высокой биологической ценности, актуальными являются разработки в области использования кожи в производстве пищевых продуктов. В данной работе исследуется процесс водной экстракции кожи командорского кальмара. Полученный экстракт предполагается использовать в технологии защитных пищевых пленочных покрытий, применяемых при производстве мороженого рыбного филе. С целью обоснования рациональных режимов проводили трехфакторный эксперимент, где в качестве входных параметров рассматривали гидромодуль (кожа кальмара : вода), температуру и продолжительность, а в качестве выходных – вязкость и массовую долю сухих веществ. Установлены оптимальные режимы экстракции, изучены органолептические показатели экстракта и его химический состав. Также представлены результаты изучения микроструктуры верхнего слоя мантии с кожей командорского кальмара.

Ключевые слова: вязкость, кожа кальмара, пищевые пленки, сухие вещества, экстракция.

Original article

OPTIMIZATION OF SQUID SKIN EXTRACTION PARAMETERS

Blagonravova M.V.✉, Samokhin A.V.

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

Squid skin is an underused secondary raw material formed during cutting. Given the significant amounts of skin remaining after cutting, as well as its high biological value, developments in the field of skin use in food production are relevant. In this paper, the process of aqueous extraction of the skin of the Commander squid is investigated. The resulting extract is supposed to be used in the technology of protective food film coatings used in the production of frozen fish fillets. In order to substantiate rational modes, a three-factor experiment was conducted, where a hydromodule (squid skin) was considered as input parameters: water), temperature and duration, and as outputs – viscosity and mass fraction of dry substances. Optimal extraction modes were established, the organoleptic parameters of the extract and its chemical composition were studied. The results of studying the microstructure of the upper mantle layer with the skin of the Commander squid are also presented.

Key words: viscosity, squid skin, food films, dry matter, extraction.

✉ Автор, ответственный за корреспонденцию/Corresponding author: mblagonravova@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Одной из задач Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года является увеличение производства продукции глубокой переработки, при этом структура производства продукции рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации в течение последних десятилетий практически не меняется и характеризуется низкой степенью переработки уловов [Стратегия развития..., 2019]. Так, около 69% пищевой продукции приходится на производство мороженой разделанной и неразделанной продукции, из них только 8,6% – на филе. Одним из путей реализации поставленных Стратегией развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года задач является приоритетное развитие научных исследований в области разработки технологий, направленных на повышение качества и биологической ценности мороженой продукции глубокой переработки, продление сроков ее годности.

Основными трудностями при сохранении качества мороженой продукции является возможность возникновения таких дефектов, как усушка и окисление жира, что особенно критично для производства рыбного филе. Вероятность возникновения таких дефектов зависит от наличия контакта поверхности продукта с кислородом воздуха, в связи с чем в процессе производства продукт покрывают водной глазурью или упаковывают в полимерные пленки с вакуумированием упаковки, также для сохранения качества мороженой продукции используют различные антиокислители, антисептики, антибиотики, разнообразные упаковочные материалы, в том числе непроницаемые, инертные газы. Технологами активно ведутся исследова-

ния в области применения съедобных защитных покрытий пищевых продуктов, в частности с использованием продуктов переработки отходов рыбной промышленности [Патент 2260357 РФ; Патент 2297151 РФ; Патент 2411738 РФ; Патент 2682598 РФ; Патент 2655740 РФ; Покусеева и др., 2015; Hashemi et al., 2022]. Существующие тенденции производства и проблемы окружающей среды вынуждают исследователей и производителей обратить внимание на экологичные покрытия на биологической основе [Kumar et al., 2021].

Перспективным нерыбным объектом промысла являются кальмары, что связано с ценным химическим составом и достаточно высокими запасами, особенно актуальна переработка вторичного сырья от разделки кальмаров. По данным Федерального агентства по рыболовству, промышленный вылов этого вида проходит только в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне и варьируется от 63 до 108 тыс. тонн в год [Иванко и др., 202; Самохин и др., 2024]. Использование в производстве мороженой рыбной продукции, в частности филе, экологически чистых природных пленкообразующих покрытий на основе кожи кальмара позволит избежать основных дефектов мороженой продукции за счет предупреждения контакта продукта с кислородом. Также необходимо отметить высокую биологическую ценность сырья, планируемого к использованию для производства пленок [Благонравова, Самохин, 2022], что, очевидно, позволит обогатить мороженую продукцию. Известно, что кожа кальмаров может служить источником ценных биологически активных веществ, таких как коллаген, дипептиды, пигменты, жирорастворимые витамины, а также микро- и макроэлементы, которые востребованы в пищевой промышленности, биотехнологической, фар-

макологической и медицинской отраслях [Cao et al., 2022]. Элементный состав кожи характеризуется высоким содержанием кальция, калия, железа и других макро- и микроэлементов [Щеникова и др., 1996]. В ходе проводимых исследований в коже не обнаруживали паразитов, которые обычно обитают во внутренних органах и жабрах [Зуев и др., 2022; Klimpel et al., 2019]. Это делает кожу экологически чистым и безопасным сырьем. Немаловажным фактом являются антибактериальные свойства кожи [Chan-Higuera, 2019; Figon, Casas, 2018; Lewis et al., 2022]. Известно, что в ходе промышленной разделки кальмаров, в зависимости от вида, отходы в виде кожи составляют от 3 до 11% [Мезенова, 2018], что, с учетом вылова кальмара в РФ, составившего 76 тыс. тонн в 2025 г. [Много минтая..., 2026], представляет значительные объемы [Благонравова, Самохин, 2021]. Подобный подход позволит рационально использовать вторичные отходы рыбной промышленности, обеспечив глубину переработки и экологичность производства.

С целью разработки технологии производства барьерной пленки из кожи кальмара на данном этапе изучали целесообразность ее применения в качестве сырья для производства пленок, для чего проводились исследования микроструктуры кожи мантии командорского кальмара, а также устанавливали оптимальные режимы экстрагирования с максимальным извлечением сухих веществ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследований являлась кожа кальмара командорского. Гистологические исследования проводили по общепринятым методикам [Сулейманов и др., 2007; Romeis, 1989], используя фиксацию формалином и окрашивание гематоксилин-эозином. Изу-

чение гистологических препаратов, оценку структуры и фотографирование осуществляли на световом микроскопе Axio Imaiger A1.

Установление оптимальных режимов водного экстрагирования кожи кальмара проводили в контролируемых условиях. Существенными параметрами экстракции, относительно которых проводились эксперименты, были приняты температура и продолжительность экстракции, гидромодуль.

С целью обоснования рациональных режимов экстракции кожи командорского кальмара проводили трехфакторный эксперимент. Интенсивность экстракции рассматривалась при следующих параметрах: гидромодуль (кожа кальмара : вода) 1 : 1,5; 1 : 2; 1 : 3; температура 50; 55; 60°C; продолжительность 60; 120; 180 мин. Определение оптимальных параметров экстракции проводили по изменению значений вязкости с помощью капиллярного вискозиметра и по содержанию сухих веществ в экстракте рефрактометрическим методом с помощью рефрактометра ИРФ-454 Б2М. Для определения эффективности экстракции контролировали вязкость экстракта и содержание в нем сухих веществ. Содержание сухих веществ в экстракте из кожи кальмара определяли с помощью рефрактометра ИРФ-454 Б2М, вязкость экстракта – на капиллярном вискозиметре.

В смеси экстрактов, приготовленных при оптимизированных параметрах экстракции, устанавливали органолептические и химические показатели. При определении органолептических показателей руководствовались ГОСТ 7631 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Методы определения органолептических и физических показателей». При исследовании химического состава экстракта кожи кальмара (определении массовой доли белка, липидов, воды и минеральных веществ) руководствовались требованиями

ГОСТ 7636 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа». Определение массовой доли воды проводили высушиванием в сушильном шкафу. Метод основан на выделении (испарении) воды из продуктов при тепловой обработке и определении изменения массы образца взвешиванием. Массовую долю белка определяли макрометодом, основанным на окислении органического вещества при сжигании его в серной кислоте в присутствии катализатора, отгонке образующегося аммиака паром, улавливании его раствором серной кислоты и определении содержания азота методом титрования. Белковые вещества определяют, умножив полученное количество азота на коэффициент 6,25. Массовую долю липидов определяли экстракцией жира органическим растворителем из сухой навески и измерением его массы взвешиванием. Определение массовой доли минеральных веществ (зола) проводили сжиганием навески в муфельной печи. Метод основан на сжигании органической части навески и определении изменения массы образца взвешиванием. Систематизацию и анализ данных проводили в операционной системе Astra Linux, математические расчеты – с помощью программы SMath Studio с применением об-

щепринятых методов математической статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Несмотря на имеющиеся на настоящий момент сведения о строении кожи командорского кальмара, эти данные фрагментарны и немногочисленны. В то же время для обоснования технического решения об использовании кожи как основы для создания пищевой пленки необходимо понимать ее нативную структуру. Микроскопирование препаратов (рис. 1 и 2) поверхностного слоя мантии с кожей кальмара командорского подтвердило, что в структуре кожи представлены волокнистые слои соединительной ткани. Наличие коллагеновых волокон соединительной ткани подтверждает целесообразность использования кожи в качестве источника коллагена.

Для проведения эксперимента по обоснованию оптимальных режимов водной экстракции кожи командорского кальмара был построен трехфакторный несимметричный план [Вознесенский, 1981]. Уровни варьирования в плане представлены в таблице 1.

Для решения задачи составляли расчетную матрицу с 27 строками (полный перебор всех комбинаций уровней факторов) (табл. 2).

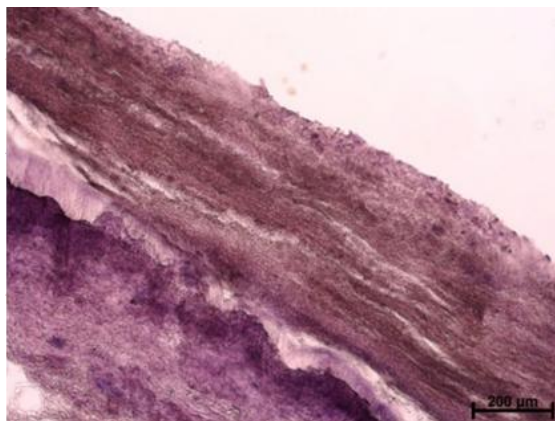


Рис. 1. Микроструктура поверхностного слоя мантии с кожей. Окрашивание гематоксилином и эозином (ув. $\times 10$)

Fig. 1. The microstructure of the surface layer of the mantle with skin. Hematoxylin and eosin staining (mag. $\times 10$)

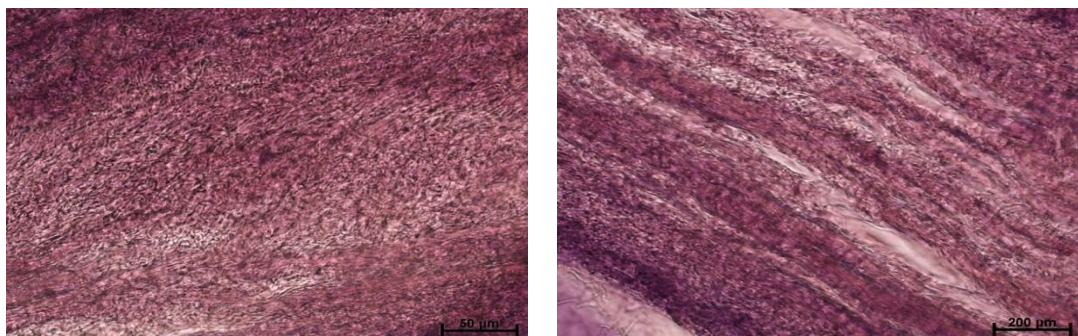
Рис. 2. Микроструктура соединительной ткани. Окрашивание гематоксилином и эозином (ув. $\times 40$)Fig. 2. Microstructure of connective tissue. Hematoxylin and eosin staining (mag. $\times 40$)

Таблица 1. Уровни варьирования факторов

Table 1. Levels of variation of factors

Кодированные переменные	Факторы	Уровни		
		-1	0	+1
x_1	Гидромодуль (кожа : вода)	1 : 1,5	1 : 2	1 : 3
x_2	Температура, °C	50	55	60
x_3	Продолжительность, мин	60	120	180

Таблица 2. Расчетная матрица и сравнение η_u (вязкость, эксперимент, Па·с) с η (вязкость, расчет, Па·с) и C_u (массовая доля сухих веществ, эксперимент, %) с C (массовая доля сухих веществ, расчет, %)Table 2. Calculation matrix and comparison of η_u (viscosity, experiment, Pa·s) with η (viscosity, calculation, Pa·s) and C_u (mass fraction of dry substances, experiment, %) with C (mass fraction of dry substances, calculation, %)

№ опыта	x_1 (гидро-модуль)	x_2 (темпе-ратура)	x_3 (продолжи-тельность)	η_u	η	$\Delta\eta = \eta_u - \eta$	C_u	C	$\Delta C = C_u - C$
1	-1	-1	-1	5,4	5,392	+ 0,008	2,6	2,55	+ 0,05
2	-1	-1	0	5,8	5,786	+ 0,014	2,6	2,60	0,00
3	-1	-1	+1	5,9	5,902	- 0,002	2,7	2,65	+ 0,05
4	-1	0	-1	6,8	6,798	+ 0,002	3,3	3,25	+ 0,05
5	-1	0	0	7,2	7,194	+ 0,006	3,4	3,30	+ 0,10
6	-1	0	+1	7,4	7,398	+ 0,002	3,5	3,35	+ 0,15
7	-1	+1	-1	7,6	7,596	+ 0,004	3,9	3,95	- 0,05
8	-1	+1	0	8,4	8,388	+ 0,012	4,0	4,00	0,00
9	-1	+1	+1	8,6	8,592	+ 0,008	4,1	4,05	+ 0,05
10	0	-1	-1	5,2	5,196	+ 0,004	2,7	2,70	0,00
11	0	-1	0	5,4	5,394	+ 0,006	2,7	2,70	0,00
12	0	-1	+1	5,6	5,598	+ 0,002	2,8	2,85	- 0,05
13	0	0	-1	6,4	6,396	+ 0,004	3,1	3,05	+ 0,05
14	0	0	0	6,7	6,694	+ 0,006	3,2	3,20	0,00
15	0	0	+1	6,9	6,898	+ 0,002	3,3	3,35	- 0,05
16	0	+1	-1	7,1	7,096	+ 0,004	3,5	3,70	- 0,20
17	0	+1	0	7,5	7,394	+ 0,106	3,6	3,80	- 0,20
18	0	+1	+1	8,1	8,098	+ 0,002	3,7	3,90	- 0,20
19	+1	-1	-1	4,6	4,594	+ 0,006	2,3	2,45	- 0,15
20	+1	-1	0	4,8	4,796	- 0,004	2,3	2,40	- 0,10
21	+1	-1	+1	5,1	5,002	+ 0,098	2,3	2,35	- 0,05
22	+1	0	-1	5,7	5,698	+ 0,002	2,7	2,75	- 0,05
23	+1	0	0	5,9	5,896	+ 0,004	2,7	2,80	- 0,10
24	+1	0	+1	6,0	6,002	- 0,002	2,8	2,85	- 0,05
25	+1	+1	-1	6,4	6,396	+ 0,004	3,3	3,45	- 0,15
26	+1	+1	0	6,7	6,594	+ 0,106	3,4	3,50	- 0,10
27	+1	+1	+1	7,3	7,298	+ 0,002	3,4	3,55	- 0,15

Полученные на основе экспериментальных значений зависимости выходных факторов (вязкости и массовой доли сухих

веществ) от входных (гидро модуля, температуры и продолжительности) представлены на рисунках 3 и 4.

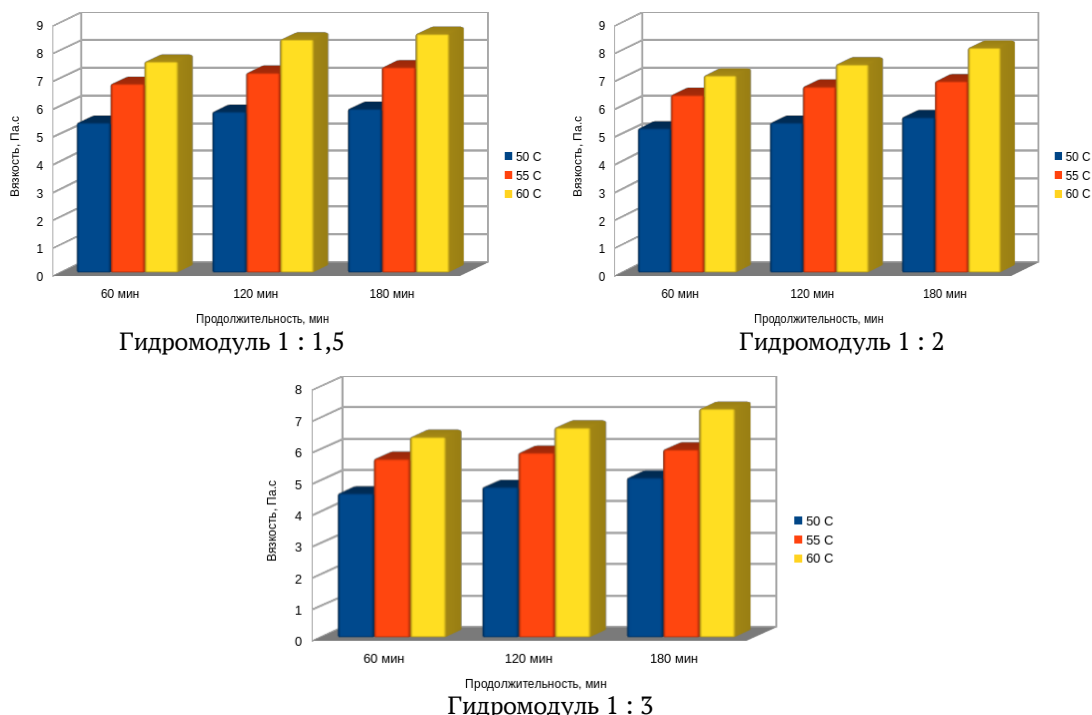


Рис. 3. Изменение вязкости экстракта в зависимости от гидро модуля, температуры и продолжительности экстракции

Fig. 3. Change in extract viscosity depending on the hydraulic module, temperature and duration of extraction

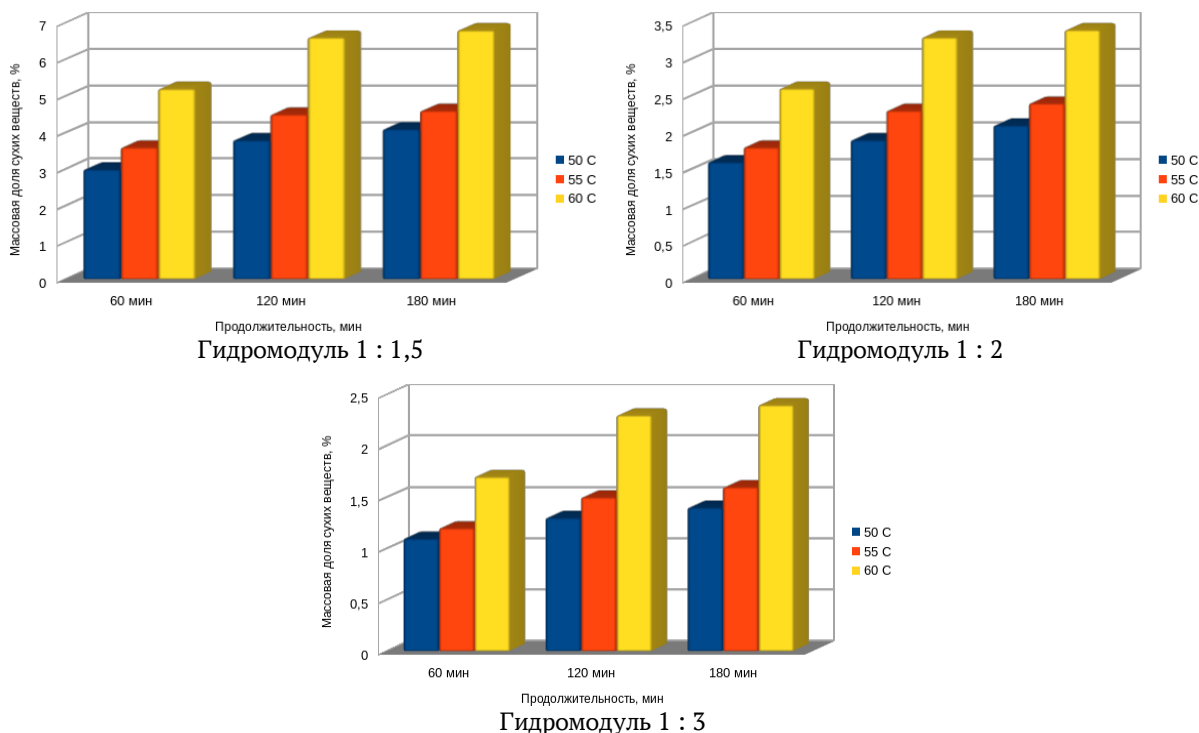


Рис. 4. Изменение массовой доли сухих веществ в экстракте в зависимости от гидро модуля, температуры и продолжительности экстракции

Fig. 4. Change in extract viscosity depending on the hydraulic module, temperature and duration of extraction

После проведения расчета коэффициентов регрессии оценили адекватность математических моделей, рассчитав дисперсию адекватности с применением критерия Фишера, получили следующие модели:

$$\eta = 6,474 - 0,467x_1 + 0,733x_2 + 0,533x_3 - 0,4x_1x_3 + 0,667x_1^2 + 0,556x_2^2 + 0,674x_3^2, (1)$$

$$C = 3,2 - 0,4x_1 + 0,6x_2 + 0,15x_3 - 0,05x_1x_3 + 0,05x_1^2 + 0,05x_2^2. (2)$$

С помощью полученной математической модели (1) провели расчет вязкости (η , Па·с) и разности $\Delta\eta = \eta_u - \eta$ (см. табл. 2). Сопоставление экспериментальных и расчетных данных показало высокую сходимость результатов – модель описывает процесс экстрагирования с точностью 0,3%.

Анализ модели (1) показал, что наибольшее значение имеет температура процесса (ее вклад в эффект составляет 38%), минимальное – гидромодуль (25%). В то же время надо учитывать значительное влияние гидромодуля на продолжительность экстрагирования, а также очевидный экономический эффект – безусловное влияние количества использованной кожи на себестоимость продукции. По полученной модели был проведен расчет оптимального значения гидромодуля для получения максимальной вязкости, составившего 1 : 2,3. Таким образом, при решении задачи оптимизации получены следующие оптимальные значения входных параметров: гидромодуль 1 : 2,3; температура 60°C ($x_2 = +1$); продолжительность 180 мин ($x_3 = +1$).

С помощью полученной математической модели (2) провели расчет массовой доли сухих веществ и разности $\Delta C = C_u - C$ (см. табл. 2). Анализируя модель (2), можно сделать следующие выводы:

– наиболее существенным фактором является температура, как и при анализе

модели (1), она определяет 23% общей дисперсии массовой доли сухих веществ;

– оптимальный режим в кодированных переменных: $x_1 = -1$, $x_2 = +1$, $x_3 = +1$. Таким образом, оптимальные условия для максимального содержания сухих веществ: гидромодуль 1 : 1,5; температура 60°C, продолжительность 180 мин. На основании проведенных расчетов установлено, что минимальное разбавление обеспечивает максимальную концентрацию сухих веществ, при этом длительное воздействие температуры значительно увеличивает эффект.

При решении задачи оптимизации для обоих выходных факторов установлено, что максимальные значения дает режим $-1/+1/+1$. Таким образом, применяя математические методы планирования эксперимента установлены оптимальные режимы водной экстракции кожи кальмара с достижением максимальных значений вязкости и содержания сухих веществ (табл. 3).

Для полного выделения белковых веществ оставшуюся после первой экстракции кожу подвергали второй экстракции. По результатам исследований установлено, что вязкость и массовая доля сухих веществ достигали наибольших значений после экстрагирования в течение 180 мин при температуре 60°C и гидромодуле 1 : 1,5, что свидетельствует о значительном переходе белковых веществ в экстракт. В то же время достигнутые уже после 60 мин экстракции значения исследуемых показателей существенно не менялись в дальнейшем при приведенных условиях процесса. С целью сокращения продолжительности процесса и энергозатрат рациональными параметрами второй экстракции приняты следующие: гидромодуль 1 : 1,5; температура 60°C; продолжительность 60 мин.

Третью экстракцию проводили при гидромодуле 1 : 1,5, температуре 60°C в течение 120 мин, при этом рост исследуе-

мых показателей был крайне незначителен – вязкость изменялась в пределах 0,7–0,9 Па·с, содержание сухих веществ – в пределах 0,4–0,6%. Сделан вывод о нецелесообразности проведения третьей экстракции.

Экстракты первой и второй экстракции, полученные при оптимизированных режимах, смешивали и определяли органолептические и химические показатели (табл. 4).

Результаты органолептической оценки показали, что экстракт имеет приятный запах, присущий кальмару, цвет светло-серый с розово-фиолетовым оттенком, несколько мутный. Очевидно, целесообразно в дальнейшем подвергнуть экстракт осветлению и очистке. Полученные результаты химического состава показывают, что сухие вещества полученного экстракта содержат существенные объемы белка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе кожа кальмара рассматривается как вторичное сырье, перспективное для использования в производстве защитных пленкообразующих пищевых по-

крытий, в частности, в технологии мороженого рыбного филе. Данные, подтверждающие содержание в соединительнотканых белках кожи кальмара в значительной мере коллагена, позволяют прогнозировать наличие желирующих свойств и в перспективе возможность использования экстракта кожи кальмара в качестве сырья для производства пищевых пленочных покрытий.

На основании проведенных исследований установлено:

- оптимальные параметры двухэтапной водной экстракции кожи кальмара следующие: 1 этап – гидромодуль 1 : 1,5, температура 60°C, продолжительность 120 мин; 2 этап – гидромодуль 1 : 1, температура 60°C, продолжительность 60 мин;
- полученный при оптимизированных параметрах экстракт кожи тихоокеанского кальмара имеет привлекательные органолептические характеристики, а также содержит значительный процент белковых веществ, что с учетом высокой пищевой ценности кожи кальмара позволяет предположить целесообразность использования экстракта для производства пищевых пленочных покрытий.

Таблица 3. Оптимальные режимы водной экстракции кожи кальмара

Table 3. Optimal modes of water extraction of squid skin

Факторы	Кодированные переменные	Значения факторов
Гидромодуль (кожа : вода)	$x_1 = -1$	1 : 1,5 (минимальное разбавление)
Температура	$x_2 = +1$	60°C (максимальная температура)
Продолжительность	$x_3 = +1$	180 мин (максимальная продолжительность)

Таблица 4. Органолептические и химические показатели смеси экстрактов первой и второй экстракции

Table 4. Organoleptic and chemical parameters of the mixture of extracts of the first and second extraction

Показатель	Характеристика
Агрегатное состояние	Жидкость без осадка, присутствует помутнение
Цвет	Светло-серый с розово-фиолетовым оттенком
Запах	Присущий кальмару
Массовая доля воды, %	90,7
Массовая доля белка, %	6,4
Массовая доля липидов, %	1,3
Массовая доля минеральных веществ, %	1,3

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ВКЛАД АВТОРОВ

Благонравова М.В. – анализ данных, написание статьи. Самохин А.В. – проведение экспериментов, анализ полученных данных, написание статьи.

Авторы прочитали и согласны с представленным вариантом рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

- Благонравова М.В., Самохин А.В. 2021. Обоснование технологических параметров сушки покровных тканей кальмара с использованием инфракрасного излучения. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 57. С. 30–43.
- Благонравова М.В., Самохин А.В. 2022. Исследование показателей качества, безопасности и пищевой ценности сушеной пищевой продукции из покровных тканей кальмара. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 59. С. 15–23.
- Вознесенский В.А. 1981. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. Москва: Финансы и статистика. 263 с.
- Зуев М.А., Мотора З.И. 2022. Гельминты командорского кальмара *Berryteuthis magister* (Cephalopoda, Gonatidae) района северных Курильских островов. *Материалы Всероссийской конференции (памяти академика Олега Григорьевича Кусакина) «Морская биология в 21 веке: систематика, генетика, экология морских организмов»*. Владивосток. С. 143–144.
- Иванко Н.С., Лисиенко С.В. 2022. Анализ освоения кальмаров Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна в 2017–2021 гг. *Научные труды Дальрыбвтуза*. Т. 60. № 2. С. 23–32.
- Мезенова О.Я. 2018. Перспективы получения и использования протеинов из вторичного рыбного сырья. *Вестник Международной академии холода*. № 1. С. 5–10.
- Много минтая и лосося, но очень мало иваси: Подведены рыбные итоги 2025 года. URL: <https://rg.ru/2026/02/11/mnogo-mintaia-i-lososia-no-ochen-malovasi-podvedeny-rybnye-itogi-2025-goda.html> (дата обращения: 11.04.2026).
- Патент 2297151 РФ. Способ формирования защитного покрытия для хранения рыбной продукции. *Государственный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по развитию и эксплуатации флота «Гипрорыбфлот»* (Маслова Г.В., Сподобина Л.А., Красавцев В.Е. и др.).
- Патент 2411738 РФ. Состав защитного съедобного пленкообразующего покрытия для мяса и мясных продуктов. *Московский государственный университет прикладной биотехнологии* (Кузнецова Л.С., Казакова Е.В., Симбирева Е.И.).
- Патент 2682598 РФ. Пленочный материал пищевого назначения на основе хитозана и способ его получения. *Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.* (Седелкин В.М., Черкасов Д.М., Пачина О.В., Лебедева О.А.).
- Патент 2655740 РФ. Съедобная пищевая пленка. *Астраханский государственный технический университет* (Долганова Н.В., Якубова О.С., Сергазиева О.Д.).
- Патент 2260357 РФ. Способ производства формованных изделий в коллагеновом

- покрытии. *Общество с ограниченной ответственностью «Палтус 2»* (Антипова Л.В. Глотова И.А., Батищев В.В.).
- Покусоева О.А., Долганова Н.В., Якубова О.С. 2015. Ихтиожелатин как основа съедобных пленочных покрытий для пищевых продуктов. *Вестник Астаханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство*. № 2. С. 123–128.
- Самохин А.В., Василевская Е.Р., Благодорова М.В. и др. 2024. Качество белка и биологические эффекты «КальмаKS» из кожи командорского кальмара. *Все о мясе*. № 5. С. 20–25.
- Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2019 г. № 2798-р. Москва: Правительство РФ. 112 с.
- Сулейманов С.М. и др. 2007. Методы морфологических исследований. *Методические пособия*. Воронеж: Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Российской академии сельскохозяйственных наук. 87 с.
- Щеникова Н.В. Старичкова Н.В., Курдина Н.А. 1996. Рациональные технологии переработки головоногих моллюсков. *Вестник Дальневосточной государственной академии экономики и управления*. № 2(2). С. 72–73.
- Cao S., Cai J., Ying S. et al. 2022. Characteristics comparison of collagens from squid skin by different extraction methods. *Food Science and Technology*. Vol. 42. DOI: 10.1590/fst.69422.
- Chan-Higuera J.E. 2019. Jumbo squid (*Dosidicus gigas*) skin pigments: chemical analysis and evaluation of antimicrobial and antimutagenic potential. *Journal of Microbiology Biotechnology and Food Sciences*. Vol. 9. № 2. P. 349–353. DOI: 10.15414/jmbfs.2019.9.2.349-353.
- Figon F., Casas J. 2018. Ommochromes in invertebrates: biochemistry and cell biology. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*. Vol. 94. № 1. P. 156–183. DOI: 10.1111/brv.12441.
- Hashemi S.S., Khorshidian N., Mohammadi M. 2022. An insight to potential application of synbiotic edible films and coatings in food products. *Frontiers in Nutrition*. Vol. 9. Art. № 875368. DOI: 10.3389/fnut.2022.875368.
- Klimpel S., Kuhn T., Münster J. et al. 2019. Parasites of marine fish and cephalopods. A practical guide. Springer. 169 p. DOI: 10.1007/978-3-030-16220-7 (дата обращения: 11.04.2026).
- Kumar L., Ramakanth D., Konala A., Gaikwad K.K. 2021. Edible films and coatings for food packaging applications: a review. *Environmental Chemistry Letters*. Vol 20. № 1. P. 879–900. DOI: 10.1007/s10311-021-01339-z.
- Lewis L.L.M, Dörschmann P., Seeba C. et al. 2022. Properties of cephalopod skin ommochromes to inhibit free radicals, and the maillard reaction and retino-protective mechanisms in cellular models concerning oxidative stress, angiogenesis, and inflammation. *Antioxidants*. Vol. 11. № 8. P. 20. DOI: 10.3390/antiox11081574.
- Romeis B. 1989. *Mikroskopische Technik*. München: Urban und Schwarzenberg. 697 p.

REFERENCES

- Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 57. P. 30–43 (in Russian).
- Blagonravova M.V., Samokhin A.V. 2022. Investigation of the quality, safety and nutritional value of dried food products from squid integument. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 59. P. 15–23 (in Russian).
- Voznesensky V.A. 1981. Statistical methods of experiment planning in technical and economic research. Moscow: Finance and Statistics. 263 p. (in Russian).
- Zuev M.A., Motor Z.I. 2022. Helminths of the Commander squid *Berryteuthis Magister* (Cephalopoda, Gonatidae) from the Northern Kuril Islands. *Proceedings of Russian Conference “Marine biology in the 21st century: systematics, genetics, ecology of marine organisms”*. Vladivostok. P. 143–144 (in Russian).
- Ivanko N.S., Lisienko S.V. 2022. Analysis of the development of squid in the Far Eastern fisheries basin in 2017–2021. *Nauchnye trudy Dalrybvtuza (Scientific journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University)*. Vol. 60. № 2. P. 23–32 (in Russian).
- Mezenova O.Ya. 2018. Prospects for obtaining and using proteins from recycled fish raw materials. *Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda (Bulletin of the International Academy of Refrigeration)*. № 1. P. 5–10 (in Russian).
- There are a lot of pollock and salmon, but very few iwashi: The fish results of 2025 have been summed up. URL: <https://rg.ru/2026/02/11/mnogo-mintaia-i-lososia-no-ochen-malo-ivasi-podvedeny-rybnye-itogi-2025-goda.html> (accessed: 04/11/2026) (in Russian).
- Patent 2297151 of the Russian Federation. A method of forming a protective coating for storing fish products. *State Scientific Research and Design Institute for the Development and Operation of the Fleet “Gipro-rybflot”* (Maslova G.V., Spodobina L.A., Krasavtsev V.E. et al.) (in Russian).
- Patent 2411738 of the Russian Federation. The composition of the protective edible film-forming coating for meat and meat products. *Moscow State University of Applied Biotechnology* (Kuznetsova L.S., Kazakova E.V., Simbireva E.I.) (in Russian).
- Patent 2682598 of the Russian Federation. Chitosan-based food grade film material and the method of its preparation. *Saratov State Technical University named after Gagarin Yu.A.* (Sedelkin V.M., Cherkasov D.M., Pachina O.V., Lebedeva O.A.) (in Russian).
- Patent 2655740 of the Russian Federation. Edible food film. *Astrakhan State Technical University* (Dolganova N.V., Yakubova O.S., Sergazieva O.D.) (in Russian).
- Patent 2260357 of the Russian Federation. A method for the production of molded products in a collagen coating. *Limited Liability Company “Halibut 2”* (Antipova L.V., Glotova I.A., Batishchev V.V.) (in Russian).
- Pokusaeva O.A., Dolganova N.V., Yakubova O.S. 2015. Ichthyogelatin as the basis of edible film coatings for food products. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Rybnoe hozyajstvo (Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry)*. № 2. P. 123–128 (in Russian).
- Samokhin A.V., Vasilevskaya E.R., Blagonravova M.V. et al. 2024. Protein quality and biological effects of “Kalmaks” from Commander squid skin. *Vsë o myase (All about Meat)*. № 5. P. 20–25 (in Russian).
- Strategy for the development of the fisheries complex of the Russian Federation up to

2030. Approved by Order of the Government of the Russian Federation dated November 26, 2019, № 2798-p. Moscow: Government of the Russian Federation. 112 p. (in Russian).
- Suleymanov S.M. et al. 2007. Methods of morphological research. *Methodological manual*. Voronezh: All-Russian Scientific Research Veterinary Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 87 p. (in Russian).
- Shchenikova N.V. Starichkova N.V., Kurдина N.A. 1996. Rational technologies for processing cephalopods. *Vestnik Dalnevostochnoy gosudarstvennoy akademii ekonomiki i upravleniya (Bulletin of the Far Eastern State Academy of Economics and Management)*. № 2(2). P. 72–73 (in Russian).
- Cao S., Cai J., Ying S. et al. 2022. Characteristics comparison of collagens from squid skin by different extraction methods. *Food Science and Technology (Campinas)*. Vol. 42. DOI: 10.1590/fst.69422.
- Chan-Higuera J.E. 2019. Jumbo squid (*Dosidicus gigas*) skin pigments: chemical analysis and evaluation of antimicrobial and antimutagenic potential. *Journal of Microbiology Biotechnology and Food Sciences*. Vol. 9. № 2. P. 349–353. DOI: 10.15414/jmbfs.2019.9.2.349-353.
- Figon F., Casas J. 2018. Ommochromes in invertebrates: biochemistry and cell biology. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*. Vol. 94. № 1. P. 156–183. DOI: 10.1111/brv.12441.
- Hashemi S.S., Khorshidian N., Mohammadi M. 2022. An insight to potential application of synbiotic edible films and coatings in food products. *Frontiers in Nutrition*. Vol. 9. Art. № 875368. DOI: 10.3389/fnut.2022.875368.
- Klimpel S., Kuhn T., Münster J. et al. 2019. Parasites of marine fish and cephalopods. A practical guide. Springer. 169 p. DOI: 10.1007/978-3-030-16220-7 (accessed: 11.04.2026).
- Kumar L., Ramakanth D., Konala A., Gaikwad K.K. 2021. Edible films and coatings for food packaging applications: a review. *Environmental Chemistry Letters*. Vol. 20. № 1. P. 879–900. DOI: 10.1007/s10311-021-01339-z.
- Lewis L.L.M., Dörschmann P., Seeba C. et al. 2022. Properties of cephalopod skin ommochromes to inhibit free radicals, and the maillard reaction and retino-protective mechanisms in cellular models concerning oxidative stress, angiogenesis, and inflammation. *Antioxidants*. Vol. 11. № 8. P. 20. DOI: 10.3390/antiox11081574.
- Romeis B. 1989. *Mikroskopische Technik*. München: Urban und Schwarzenberg. 697 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Благонравова Майя Владимировна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат технических наук, доцент, начальник отдела науки и инноваций, доцент кафедры «Технологии пищевых производств»; mblagonravova@mail.ru. SPIN-код: 6628-4016, Author ID: 652574; ORCID 0009-0009-7619-719X.

Blagonravova Maya Vladimirovna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Science and Innovation, Associate Professor of the Food Production Technologies Chair; mblagonravova@mail.ru. SPIN-code: 6628-4016, Author ID: 652574; ORCID 0009-0009-7619-719X.

Самохин Александр Викторович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; научный сотрудник; kalmfyd@yandex.ru. SPIN-код: 8635-7130, Author ID: 1193673.

Samokhin Alexander Viktorovich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Researcher; kalmfyd@yandex.ru. SPIN-code: 8635-7130, Author ID: 1193673.

Статья поступила в редакцию 20.01.2026; одобрена после рецензирования 07.09.2026; статья принята к публикации 28.09.2026.

The article was submitted 20.01.2026; approved after reviewing 07.09.2026; accepted for publication 28.09.2026.

Для цитирования: Благодравова М.В., Самохин А.В. 2026. Оптимизация параметров экстрагирования кожи кальмара. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 77. С. 21–33. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2026-77-21-33>.

For citation: Blagonravova M.V., Samokhin A.V. 2026. Optimization of squid skin extraction parameters. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 77. P. 21–33 (in Russian). <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2026-77-21-33>.

Научная статья

УДК 639.63:574.55(261.24)

DOI: 10.17217/2079-0333-2026-77-34-47

ИЗУЧЕНИЕ ПРЕБИОТИЧЕСКОЙ, АДСОРБИРУЮЩЕЙ И ИММУНОМОДЕЛИРУЮЩЕЙ АКТИВНОСТИ МЕТАБОЛИТОВ ГИДРОБИОНТОВ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

Ульрих Е.В. ✉

Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, пр. Советский, 1.

В работе методами *in vitro* изучены биологические активности (адсорбирующая, пребиотическая, иммуномодулирующая (противовоспалительная)) индивидуальных метаболитов гидробионтов акватории Балтийского моря. В ходе работы показано благотворное влияние меланина и полиненасыщенных жирных кислот и возможность их применения в качестве пребиотических веществ, способных также благоприятно влиять на здоровье человека. Выявлено, что из всех изучаемых веществ адсорбционными свойствами обладает фуцелларан, а пребиотической активностью – полиненасыщенные жирные кислоты и меланин. Доказано, что фуцелларан не обладает иммуномодулирующими свойствами. Выявлено, что меланин и родоксантин проявляют значимый ингибирующий эффект по отношению к цитокинам. Следовательно, полиненасыщенные жирные кислоты, родоксантин, меланин можно рассматривать в качестве ингредиентов для функциональных продуктов и фармацевтических препаратов.

Ключевые слова: биологическая активность, густера, меланин, полиненасыщенные жирные кислоты, рдест гребенчатый, родоксантин, фуцелларан, фуцеллярия.

Original article

STUDYING THE PREBIOTIC, ADSORBING, AND IMMUNOMODELLING ACTIVITIES OF METABOLITES FROM THE BALTIC SEA HYDROBIONTS

Ulrikh E.V. ✉

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Sovetsky Ave. 1.

The biological activities (adsorbing, prebiotic, and immunomodulatory (anti-inflammatory)) of individual metabolites of aquatic organisms from the Baltic Sea were examined *in vitro*. The beneficial effects of melanin and polyunsaturated fatty acids and their potential use as prebiotic substances, which can also positively impact human health was demonstrated. The furcellaran was found to possess adsorption properties, while polyunsaturated fatty acids and melanin exhibited prebiotic activity. It was stated that the furcellaran had no immunomodulatory properties. Melanin and rhodoxanthin were found to exhibit significant inhibitory effects on cytokines. Therefore, polyunsaturated fatty acids, rhodoxanthin, and melanin may be considered as ingredients for functional foods and pharmaceuticals.

✉ Автор, ответственный за корреспонденцию/Corresponding author: elen.ulrich@mail.ru

Key words: biological activity, white bream, melanin, polyunsaturated fatty acids, sago pondweed, rhodoxanthin, furcellaria, furcellaran.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно прогнозам, численность мирового населения составит 10,9 млрд человек в 2100 г. Большая часть прогнозируемого роста приходится на страны с низким уровнем дохода. Рост населения планеты является основным фактором выбросов углекислого газа, а также истощения природных ресурсов [Maja, Ayano, 2021]. Истощение природных ресурсов и полезных ископаемых, в свою очередь, приводят к замедлению экономического роста во многих странах [Nawaz et al., 2019]. Для устойчивого развития необходимо рациональное обращение с ресурсами, а также сокращение образования отходов, поскольку их захоронение или сжигание сопровождается загрязнением плодородных почв, атмосферы и водных объектов.

Гидробионты экосистемы Балтийского моря являются высокоинвазивными видами, активный рост которых может привести к критическим экологическим и экономическим последствиям. К ним относятся: нарушения в процессах орошения, выращивания рыбы, генерации гидроэнергии и рекреационных мероприятиях, а также загрязнения источников питьевой воды. С учетом вышеизложенного возникает потребность в удалении гидробионтов из водоемов, что может сопровождаться высокими расходами. Однако при использовании биомассы гидробионтов в качестве биотоплива, пищевых и кормовых добавок, фармацевтических и косметических препаратов предполагаемые затраты можно превратить в инвестиции. Гидробионты, в частности водные растения, могут производить значительное количество биологически активных веществ, а их биологиче-

ски активные свойства зачастую превосходят наземные растения.

В последние годы развитие промышленности во многих странах идет в направлении максимального внедрения «зеленых» технологий в рамках построения биоэкономики [Rasoulinezhad et al., 2020]. В Европе для достижения эффективного использования биомассы гидробионтов все чаще рассматривается концепция биоэкономики замкнутого цикла (БЗЦ). БЗЦ, как идея циркулярной экономики, имеет целью достижение экономической и экологической устойчивости за счет максимальной целенаправленной рециркуляции потоков ресурсов и минимизации образования отходов и их утилизации в конце срока службы [Solis et al., 2020]. Считается, что использование биомассы в БЗЦ в таких отраслях, как пищевая, кормовая и нутрицевтическая, будет способствовать снижению выбросов углекислого газа и сокращению парникового эффекта. Россия занимает одну из лидирующих позиций в мире по сбору водных растений [Fishery FAO, 2002]. В качестве источников биомассы для комплексной переработки могут быть использованы такие типы ресурсов, как водоросли, водные растения (макрофиты) и их метаболиты [Ubando et al., 2019].

Одним из перспективных направлений переработки биомассы гидробионтов и макроводорослей является получение биологически активных веществ для пищевой, кормовой и нутрицевтической промышленности. В научной литературе недостаточно освещен потенциал макрофитов экосистемы Балтийского моря для выделения из них комплексов биологически активных веществ, что определяет актуальность данного направления исследований.

Целью настоящего исследования является проведение исследований *in vitro* по изучению метаболитов гидробионтов, обитающих в акватории Балтийского моря, обладающих пребиотическими, адсорбирующими и иммуномодулирующими свойствами, предназначенных для производства импортозамещающей продукции пищевого и кормового назначения. Новизна данной работы заключается в результатах фундаментальных и прикладных исследований по изучению их биотехнологического потенциала.

Результаты научных исследований станут основой для разработки технологий производства и рецептур новых видов биологически активных добавок к пище, функциональных и специализированных пищевых продуктов, кормовых добавок для сельскохозяйственных животных, характеризующихся широким спектром физиологической активности (пребиотической, адсорбирующей, иммуномоделирующей), что в конечном итоге будет способствовать комплексному решению задач ускоренного развития пищевых и сельскохозяйственных биотехнологий (в фокусе ТП Биотех-2030), созданию научно-технологических заделов для агропромышленного комплекса, снижению импортозависимости отечественной биотехнологической промышленности (в части пищевых и агrobiотехнологий).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объекты исследований

Для реализации исследований были наработаны в лабораторных условиях образцы, перечень которых представлен в таблице. Согласно информации, представленной в таблице, все изучаемые образцы получены из природного сырья. Ко-

личество образцов являлось достаточным для реализации работ, направленных на изучение пребиотической, адсорбирующей и иммуномодулирующей (противовоспалительной) активности.

Таблица. Перечень образцов для реализации исследований

Table. List of samples for research

Наименование образца	Источник	Количество, мг
Родоксантин	Рдест	805,00 ± 0,1
Фурцелларан	Фурцеллярия	1 201,49 ± 0,1
Меланин	Густера	825,07 ± 0,1
Полиненасыщенные жирные кислоты	Густера	547,90 ± 0,1

Пребиотическая активность метаболитов гидробионтов

Исследования *in vitro* пребиотической активности изучаемых образцов (родоксантина, фурцелларана, меланина и полиненасыщенных жирных кислот) проводили в сравнении с известным пребиотиком – лактулозой. Для реализации метода применяли препарат *Bifidobacterium bifidum*. Препарат *B. bifidum* сухой предварительно растворяли в питательной среде MRS и культивировали при температуре 37°C в течение 24 ч. Затем закваску вносили для культивирования в обезжиренное коровье молоко в асептических условиях. В качестве источника углерода добавляли изучаемые вещества (родоксантин, фурцелларан, меланин и полиненасыщенные жирные кислоты) с концентрацией 2%. Аналогично добавляли лактулозу (положительный контроль) [Журлова, Капрельянц, 2015]. Подсчет количества клеток лактобактерий осуществляли по методу, изложенному в ГОСТ 10444.11-89 «Продукты пищевые. Методы определения молочнокислых микроорганизмов» [ГОСТ 10444.11-89].

Адсорбирующая активность метаболитов гидробионтов

Для оценки адсорбирующей активности применяли метод сорбции на основе красителя с УФ-видимым детектированием. Для этого готовили водные растворы красителя *n*-нитрофенола при pH 6, ниже значения pK_a (7,14) красителя *n*-нитрофенола. Далее анализируемые вещества (родоксантин, фурцелларан, меланин и полиненасыщенные жирные кислоты) в количестве 20 мг смешивали с 10 мл раствора, содержащего краситель *n*-нитрофенол при переменной концентрации (0,1–25 мМ) в 10 мМ одноосновном буферном растворе фосфата калия (pH 6,0) в стеклянных флаконах. Флаконы герметизировали парафильмом, а затем уравнивали на горизонтальном механическом шейкере ELMi S-3.02M.A10 (Elmi, Латвия) в течение 24 ч при скорости вращения 180 об/мин. Образцы затем центрифугировали на вортексе CM-70M-07 (Elmi, Латвия) при скорости вращения 2 000 об/мин в течение 30 мин. Далее измеряли уровень поглощения красителя *n*-нитрофенола в УФ-видимом диапазоне в надосадочных растворах. Измерение проводили на спектрофотометре T8DCS (Китай) при длине волны 318 нм с использованием двухлучевого спектрофотометра.

Калибровочная кривая поглощения была получена из стандартных растворов красителя *n*-нитрофенола при молярной поглощательной способности (ϵ) красителя равной $9\,495\text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ (определена с использованием соотношения Бера – Ламберта).

Далее определяли равновесную концентрацию (C_e) красителя *n*-нитрофенола в надосадочных растворах и рассчитывали сорбционное поглощение (Q_e) сорбционным материалом с использованием уравнения [Dehabadi, Wilson, 2014]:

$$Q_e = \frac{C_0 - C_e}{m} \times V,$$

где V – объем раствора,

C_0 – начальная концентрация исходного раствора (мМ),

m – масса сорбента.

Иммуномоделирующая активность метаболитов гидробионтов

При реализации исследований изучали иммуномодулирующую (противовоспалительную) активность родоксантина, меланина и полиненасыщенных жирных кислот методом твердофазного иммуноферментного анализа (ИФА) с применением иммуноферментного анализатора Mindray MR-96A (Mindray, Китай).

Для этого контрольные (липополисахарид) и изучаемые образцы (родоксантин, меланин и полиненасыщенные жирные кислоты) инкубировали в лунках с иммобилизованными моноклональными антителами. Имеющиеся в образцах цитокины связывались с иммобилизованными антителами. Связавшиеся цитокины на следующей стадии взаимодействовали при инкубации с первым конъюгатом (поликлональными антителами к цитокинам человека с биотином). Далее в ходе реакции связавшиеся конъюгаты взаимодействовали при инкубации со вторым конъюгатом (стрептавидин с пероксидазой хрена). Количество связавшегося второго конъюгата определяли цветной реакцией с использованием субстрата пероксидазы хрена – перекиси водорода и хромогена – тетраметилбензидина. В ходе реакции интенсивность желтого окрашивания пропорциональна концентрации содержащихся в образцах цитокинов. После измерения оптической плотности растворов в лунках при длине волны 450 нм на осно-

вании калибровочного графика рассчитывали концентрацию цитокинов в анализируемых образцах. Противовоспалительные свойства оценивали с применением цитокинов ИЛ-1 β и ФНО- α , так как ранее установлено, что в противовоспалительной активности биологически активных веществ, синтезируемых гидробионтами, могут быть задействованы различные механизмы, включая ингибирование ферментов или снижение количества провоспалительных цитокинов [Persiyanova et al., 2020; Katelnikova et al., 2017; Montuori et al., 2022; Rubtsova et al., 2017].

Цитокины ИЛ-1 β и ФНО- α – это ключевые провоспалительные цитокины моноцитов, макрофагов и лимфоцитов. Если добавить к моноклерам провоспалительный агент, например липополисахарид бактериальной стенки, то клетки будут реагировать в первую очередь выбросом именно этих цитокинов, с этого и начинается острая фаза воспаления.

Противовоспалительные свойства анализируемых веществ оценивали при концентрации 10 и 50 мкг/мл, так как именно при этих концентрациях отсутствует цитотоксический эффект в отношении моноклеаров. Для определения содержания ИЛ-1 β брали на лунку для каждого образца по 20 мкл супернатанта и 80 мкл питательной среды RPMI-1640, для определения содержания ФНО- α брали на лунку для каждого образца по 100 мкл супернатанта. Процедуру ИФА проводили согласно протоколу производителей коммерческих наборов. В качестве положительного контроля использовали клетки, обработанные липополисахаридом, а в качестве отрицательного контроля применяли супернатант стимулированных липополисахаридом моноклеарных клеток в отсутствии полисахаридов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Определение пребиотической активности метаболитов гидробионтов

Результаты изучения пребиотической активности изучаемых образцов (родоксантина, фурцелларана, меланина и полиненасыщенных жирных кислот) представлены на рисунке 1. Из эмпирических данных видно, что такие соединения, как родоксантин, фурцелларан, не вызывают стимуляцию роста бифидобактерий. По истечении 72 ч количество клеток *B. bifidum* на питательной среде составило $9,61 \cdot 10^{14}$ и $9,02 \cdot 10^{14}$ КОЕ/см³ соответственно. Также отметим, что уровень клеток *B. bifidum* при культивировании в присутствии родоксантина, фурцелларана сопоставим с уровнем клеток, отмеченном на третьи сутки культивирования (72 ч) в негативном контроле (классическая питательная среда без добавления дополнительных ингредиентов) – $9,09 \cdot 10^{14}$ КОЕ/см³.

Согласно данным, представленным на рисунке 1, полиненасыщенные жирные кислоты стимулируют выработку клеток *B. bifidum*. Так, при добавлении полиненасыщенных жирных кислот в количестве 2% к питательной среде количество клеток *B. bifidum* на третьи сутки (по истечении 72 ч) увеличилось на 17,37% (количество клеток составило $10,99 \cdot 10^{14}$ КОЕ/см³) по сравнению с негативным контролем. Однако полиненасыщенные жирные кислоты не так сильно стимулируют выработку клеток полезной микрофлоры, как это делала лактулоза (положительный контроль).

Результаты наших исследований согласуются с результатами других исследователей. В частности, немного ранее было определено, что диеты, богатые полиненасыщенными жирными кислотами, влияют на состав микробиоты кишечника у людей

с высоким кардиометаболическим риском. Эти изменения связаны с изменениями метаболизма глюкозы и липидов [Vetrani et al., 2020]. Известно, что полиненасыщенные жирные кислоты играют множество важных ролей в защите организма и иммунитета, включая противораковую, противовоспалительную и антиоксидантную активность, а также в борьбе с кишечными бактериальными патогенами [Peng, Biswas, 2017].

Согласно данным, иллюстрирующим активацию *B. bifidum* меланином, можно сделать вывод, что его применение в количестве 2% способствует экспоненциальному увеличению скорости роста микроорганизмов. Так, количество клеток *B. bifidum* при культивировании в присутствии мела-

нина на третьи сутки достигло значения $14,3 \cdot 10^{14}$ КОЕ/см³, что в 1,57 раза больше количества клеток *B. bifidum*, наблюдаемых в негативном контроле на третьи сутки культивирования ($9,09 \cdot 10^{14}$ КОЕ/см³). Доказано, что меланин способен активировать выработку клеток *B. bifidum* не хуже лактулозы. При культивировании лактулозы на третьи сутки количество клеток *B. bifidum* составило $14,14 \cdot 10^{14}$ КОЕ/см³, что соизмеримо с данными, полученными для меланина. В работе [Burmasova et al., 2019] определено, что применение меланина позволило увеличить удельную скорость роста клеток *B. animalis* subsp. *lactis* в два раза, а количество жизнеспособных клеток – на 9,7 и 11,0% по сравнению с контролем.

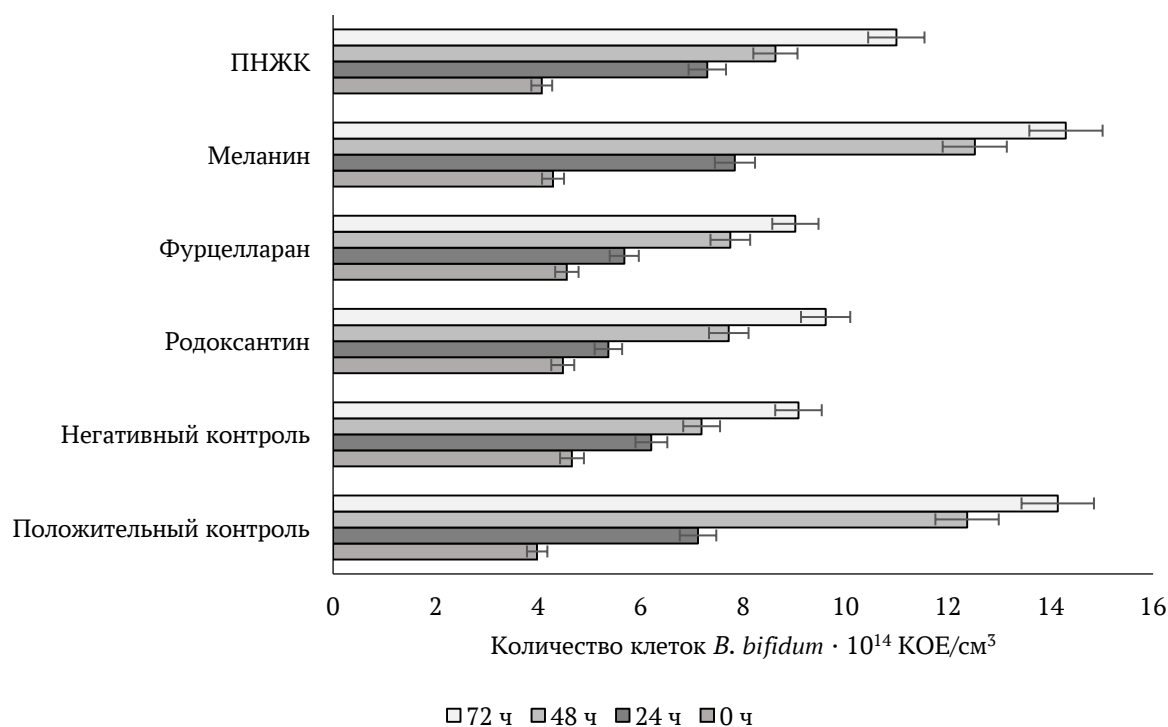


Рис. 1. Динамика накопления клеток *B. bifidum* в присутствии вторичных метаболитов, выделенных из гидробионтов Балтийского моря: негативный контроль – классическая питательная среда без добавления дополнительных ингредиентов; положительный контроль – культивирование в присутствии лактулозы

Fig. 1. Dynamics of *B. bifidum* cell accumulation in the presence of secondary metabolites isolated from aquatic organisms of the Baltic Sea: negative control – classical nutrient medium without the additional ingredients; positive control – cultivation in the presence of lactulose

Наличие данных свойств у меланина и полиненасыщенных жирных кислот позволяет их назвать идеальными ингредиентами для разработки функциональных продуктов питания, предназначенных для поддержки или сохранения общего благополучия здоровых людей, а также для людей с особыми диетическими потребностями (например, диабетиков, страдающих ожирением, новорожденных и младенцев, пожилых и госпитализированных людей) [Neri-Numa et al., 2020]. Однако отметим, что для применения их в качестве пищевых субстратов в рецептуре функциональных и специализированных продуктов питания необходимо проводить дополнительные исследования, направленные на оценку технологических свойств (органолептические показатели, устойчивость к pH и температуре, водоудерживающая способность, растворимость и др.) используются в самых разных продуктах питания для улучшения текстуры и ощущений во рту, защиты пробиотиков и биоактивных свойств, улучшения физико-химических и сенсорных характеристик и продления срока годности.

Определение адсорбирующей активности метаболитов гидробионтов

Разнообразные функциональные группы, присутствующие на поверхности биологических молекул, наделяют их соответствующими адсорбционными свойствами. Такие свойства, как биосовместимость, биоразлагаемость, наличие различных поверхностных функциональных групп, высокая пористость, значительная адсорбционная способность по отношению к воде, потенциал для модификации и т. д., делают биомолекулы перспективными кандидатами для разнообразных применений [Sheibani et al., 2023].

Наиболее изученными адсорбционными биомолекулами являются целлюлоза, альгинат, хитозан и крахмал. Однако они характеризуются низкой адсорбционной способностью, удовлетворительными физико-химическими свойствами, которые не позволяют их использовать для очистки во многих отраслях. В частности, целлюлоза, альгинат, хитозан и крахмал показали себя неудовлетворительными адсорбентами для очистки воды [Díaz Bukvic et al., 2023].

Поэтому актуальным является поиск новых адсорбентов. На последнем этапе исследования биологических свойств вторичных метаболитов, выделенных из гидробионтов Балтийского моря (родоксантин, фулцелларан, меланин и полиненасыщенные жирные кислоты), оценивали адсорбирующую активность.

Результаты изучения адсорбирующей активности, представленные на рисунке 2, свидетельствуют о том, что из всех изучаемых веществ адсорбционными свойствами обладает только фулцелларан. Для данного вещества величина сорбционного поглощения составила 0,47 ммоль/г. Таким образом, фулцелларан можно использовать в пищевой промышленности в качестве адсорбента. Он даже может заменить к-каррагинан на стадии осветления пивного сусла [Saluri et al., 2021].

Автор K. Eha отметил, что сорбция фулцелларана хорошо описывается уравнением Пелега. Молекулы воды сильнее взаимодействуют с фулцеллараном при более низком содержании влаги. Выявлено, что сушка влияет на молекулярную массу фулцелларана [Eha et al., 2022], поэтому в дальнейшем необходимо провести дополнительную работу, чтобы определить, как это влияет на его водосорбционные свойства.

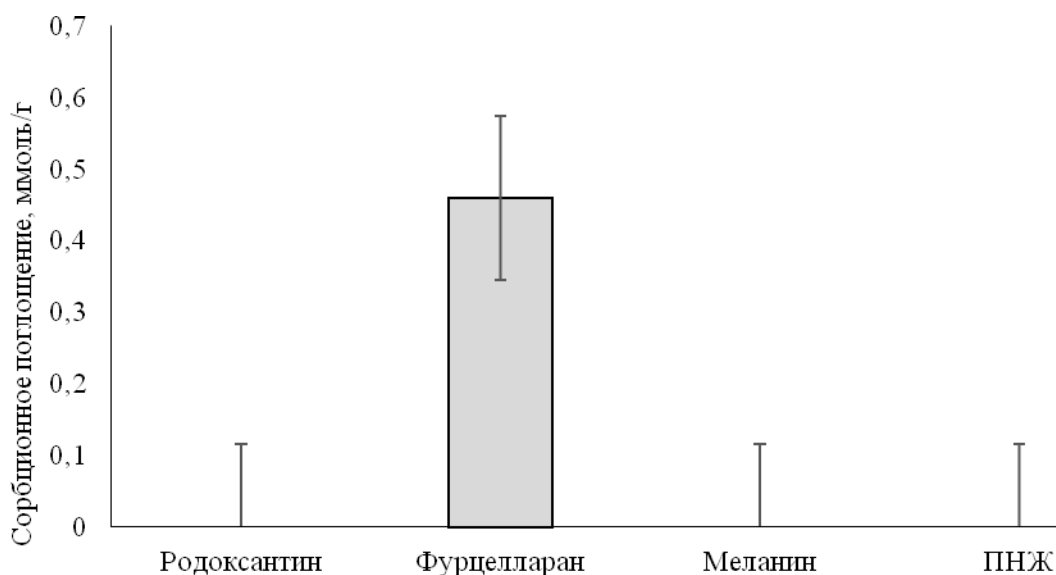


Рис. 2. Адсорбирующая активность вторичных метаболитов, выделенных из гидробионтов Балтийского моря

Fig. 2. Adsorption activity of secondary metabolites isolated from aquatic organisms of the Baltic Sea

Определение иммуномоделирующей активности метаболитов гидробионтов

Натуральные продукты из морепродуктов привлекают внимание биологов и химиков всего мира на протяжении последних пяти десятилетий, так как они содержат много видов биологически активных соединений и являются хорошим источником фармакологических средств [Shikov et al., 2012; Persiyanova et al., 2020; Katelnikova et al., 2017]. В работе E. Montuori показано, что морские организмы являются ценным источником биологически активных соединений для профилактики и лечения рака, воспалений, заболеваний иммунной системы и других патологий. Преимущество изучения организмов, собранных в морской среде, заключается в их большом биоразнообразии и разнообразии химических структур морских природных продуктов [Montuori et al., 2022]. Дисфункции иммунной системы приводят к развитию аутоиммунных заболеваний, аллергии, хронических воспале-

ний и рака. Около 7,6–9,4% населения мира страдает заболеваниями, поражающими иммунную систему [Montuori et al., 2022; Rubtsova et al., 2017].

Иммуномодуляция включает в себя процессы, направленные на изменение и/или регулирование иммунного ответа в терапевтических целях. Иммуномодуляторы – это вещества, которые используются для воздействия на иммунную систему и в основном делятся на иммунодепрессанты и иммуностимуляторы. В настоящее время глобальные эпидемиологические данные указывают на рост иммунологических заболеваний, с предполагаемой распространенностью в 3,2% в период с 1965 по 1995 г. и до 19,1% зарегистрированной в 2018 г. Предполагается, что к 2026 г. размер мирового рынка диагностики аутоиммунных заболеваний, который в настоящее время оценивается в 4,1 млрд долл., достигнет 6,3 млрд долл. Это стимулировало поиск класса молекул, как правило, иммуномодулирующих, которые способны усиливать или подавлять иммунный ответ

при иммуноопосредованных заболеваниях. Первая линия защиты организма – врожденный иммунитет, который быстро действует после вторжения патогена. Клетками, действующими во время этой фазы иммунного ответа, являются естественные киллерные лимфоциты, нейтрофилы и макрофаги. Последние являются одним из важнейших классов антигенпрезентирующих клеток (АПК), которые играют роль во врожденном иммунитете и регулируют адаптивный иммунитет. Цитокины, секретируемые активированными макрофагами, вызывают воспалительные реакции и необходимы для защиты хозяина от вторжения патогенов и опухолевых клеток, привлекая и активируя другие клетки в месте инфекции. В ответ на этот стимул макрофаги увеличивают продукцию активных азотистых промежуточных продуктов, таких как оксид азота (NO), активные формы кислорода и провоспалитель-

ные цитокины, такие как фактор некроза опухоли альфа (TNF- α) и интерлейкин 6 (IL-6). Однако неконтролируемые и длительные воспалительные реакции вредны для хозяина и способствуют патогенезу многих воспалительных заболеваний, таких как нарушения обмена веществ. Поэтому для оценки иммуномодулирующего действия биологически активных соединений природного происхождения оценивают уровни экспрессии цитокинов [Montuori et al., 2022].

Результаты изучения иммуномодулирующей (противовоспалительной) активности вторичных метаболитов, выделенных из гидробионтов Балтийского моря (родоксантин, фурцелларан, меланин и полиненасыщенные жирные кислоты), представленные на рисунках 3 и 4, свидетельствуют о том, что фурцелларан не обладает искомыми свойствами.

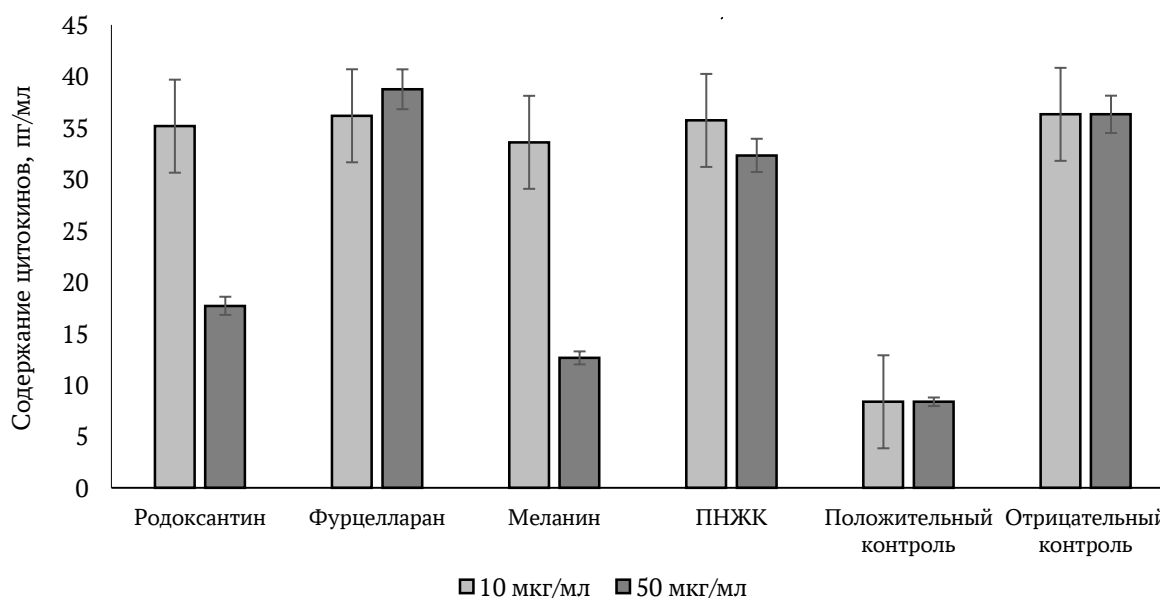


Рис. 3. Содержание провоспалительного цитокина ФНО- α в реакционной среде с мононуклеарами в присутствии изучаемых образцов при разной концентрации: при концентрации образцов 10 мкг/мл; при концентрации образцов 50 мкг/мл

Fig. 3. The content of the proinflammatory cytokine TNF- α in the reaction medium with mononuclear cells in the presence of the studied samples at different concentrations: at a sample concentration of 10 μ g/ml; at a sample concentration of 50 μ g/ml

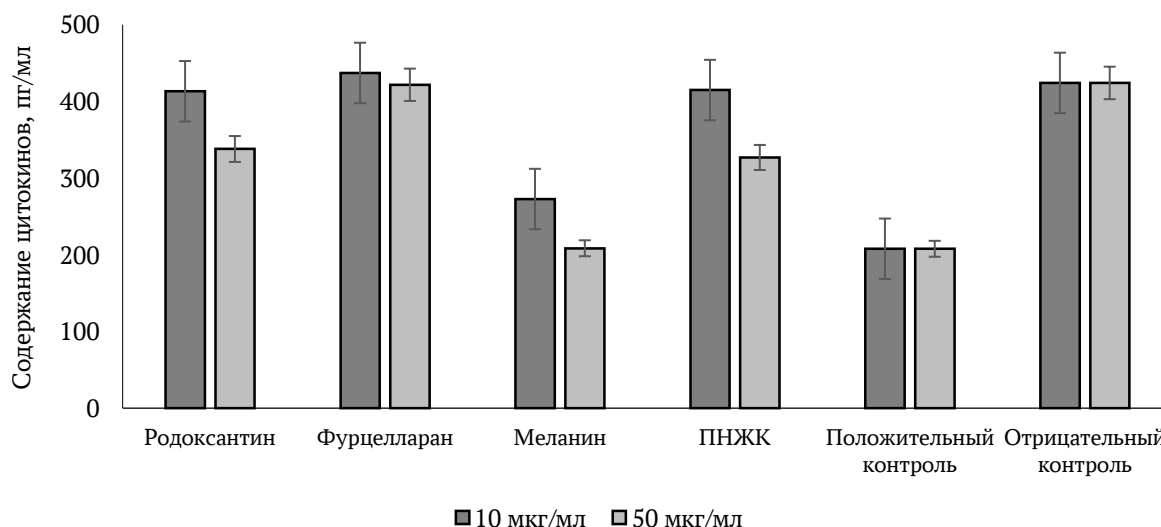


Рис. 4. Содержание провоспалительного цитокина ИЛ-1 β в реакционной среде с мононуклеарами в присутствии изучаемых образцов при разной концентрации: при концентрации образцов 10 мкг/мл; при концентрации образцов 50 мкг/мл

Fig. 4. The content of the proinflammatory cytokine IL-1 β in the reaction medium with mononuclear cells in the presence of the studied samples at different concentrations: at a sample concentration of 10 μ g/ml; at a sample concentration of 50 μ g/ml

Уровень цитокина ФНО- α в экспериментах в присутствии фурцелларана составил 36,16 пг/мл (при концентрации фурцелларана 10 мкг/мл) и 38,74 пг/мл (при концентрации фурцелларана 50 мкг/мл). Уровень цитокина ИЛ-1 β был на уровне 436,84 в присутствии фурцелларана при концентрации 10 мкг/мл и на уровне 421,45 пг/мл в присутствии фурцелларана при концентрации 50 мкг/мл.

Наши исследования доказывают, что полиненасыщенные жирные кислоты обладают незначительной способностью ингибировать выработку ФНО- α и ИЛ-1 β моноцитами. Так, согласно результатам, представленным на рисунке 3, уровень цитокинов ФНО- α в присутствии полиненасыщенных жирных кислот в концентрации 50 мкг/мл, снизился на 11% по сравнению с отрицательным контролем (36,30 пг/мл). При этом полиненасыщенные жирные кислоты не оказали никакого ингибирующего воздействия на выработку цитокинов при концентрации 10 мкг/мл. Аналогичные ре-

зультаты были отмечены при изучении влияния полиненасыщенных жирных кислот на выработку цитокинов ИЛ-1 β (рис. 4).

Доказано, что в присутствии полиненасыщенных жирных кислот в концентрации 10 мкг/мл уровень цитокина ИЛ-1 β составил 414,55 пг/мл, что статистически сопоставимо с результатами отрицательного контроля (423,84 пг/мл). Определено, что выработка цитокина ИЛ-1 β в присутствии полиненасыщенных жирных кислот в концентрации 50 мкг/мл сократилась на 23% по сравнению с отрицательным контролем.

Наши результаты подтверждаются и другими учеными. В частности, А. Gil описано, что состав жирных кислот лимфоцитов и других иммунных клеток изменяется в зависимости от состава жирных кислот рациона, и это изменяет способность иммунорегуляции. Добавление в рацион здоровых добровольцев омега-3 ПНЖК, полученных из рыбьего жира, приводит к снижению хемотаксиса моноцитов и нейтрофилов,

а также к снижению выработки провоспалительных цитокинов [Gil, 2002].

С помощью методов *in vivo* было показано, что диетический рыбий жир приводит к изменению функции лимфоцитов и подавлению продукции провоспалительных цитокинов макрофагами [James et al., 2000]. Также в работе P.C. Calder выявлено, что длинноцепочечные n-3 ПНЖК также отрицательно влияют на синтез воспалительных цитокинов (ФНО- α и ИЛ-1 β моноцитами), а также выработку ИЛ-6 и ИЛ-8 венозными эндотелиальными клетками. Кормление рыбьим жиром снизило *ex vivo* выработку ФНО- α , ИЛ-1 β и ИЛ-6 макрофагами грызунов и снизило концентрации этих цитокинов в циркулирующей крови при экспериментальной эндотоксемии у мышей. Сообщалось, что добавление рыбьего жира в рацион здоровых добровольцев приводит к снижению продукции ФНО, ИЛ-1 и ИЛ-6 *ex vivo* мононуклеарными клетками, хотя не все исследования сходятся во мнении по этому вопросу [Calder, 1998]. Поэтому иммуномодулирующая (противовоспалительная) активность полиненасыщенных жирных кислот еще требует более глубокого изучения. Но тем не менее их можно рассматривать в качестве перспективных функциональных ингредиентов для создания функциональных, специализированных продуктов и фармацевтических препаратов иммуномодулирующего и противовоспалительного действия.

Установлено, что образец родоксантина при концентрации 50 мкг/мл проявляет значимый ингибирующий эффект по отношению к цитокину ФНО- α и цитокину ИЛ-1 β .

Определено (рис. 3 и 4), что меланин способен ингибировать продукцию провоспалительного цитокина ИЛ-1 β . Данный эффект наблюдался как при концентрации

меланина 10 мкг/мл, так и при его концентрации 50 мкг/мл. Наши результаты расширяют возможности применения биологически активного пигмента меланина, присутствующего в большинстве биологических систем. Он обладает множеством биологических и фармакологических свойств. Его роль как молекулы с особыми свойствами и функциями, влияющими на общее состояние здоровья, включая фотопротекторное и иммунологическое действие, была обнаружена относительно недавно и еще мало изучена [ElObeid et al., 2017].

Нами доказано, что фуруцелларан не обладает искомыми иммуномодулирующими свойствами, а полиненасыщенные жирные кислоты способны незначительно ингибировать выработку ФНО- α и ИЛ-1 β моноцитами. Уровень цитокина ФНО- α и ИЛ-1 β в реакционной среде в присутствии родоксантина (при концентрации 50 мкг/мл) в конце эксперимента составил 25,15 и 337,71 пг/мл соответственно. Установлено, что меланин проявил значимый ингибирующий эффект по отношению к цитокину ФНО- α только при концентрации 50 мкг/мл. Содержание цитокина ФНО- α в реакционной среде в ходе эксперимента составило 12,62 пг/мл. Следовательно, полиненасыщенные жирные кислоты, родоксантины, меланин можно рассматривать в качестве перспективных функциональных ингредиентов для создания функциональных, специализированных продуктов и фармацевтических препаратов иммуномодулирующего и противовоспалительного действия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, изучены методами *in vitro* биологические активности (адсорбирующая, пребиотическая, иммуномоду-

лирующая (противовоспалительная)) индивидуальных метаболитов гидробионтов.

Определено, что в сравнении с отрицательным контролем уровень клеток *B. bifidum* на третьи сутки (по истечении 72 ч) в присутствии полиненасыщенных жирных кислот (2%) увеличился на 17,37% (количество клеток составило $10,99 \cdot 10^{14}$ КОЕ/см³), а в присутствии меланина – в 1,57 раза (количество клеток составило $14,30 \cdot 10^{14}$ КОЕ/см³).

Выявлено, что из всех изучаемых веществ адсорбционными свойствами обладает только фулцелларан (величина сорбционного поглощения составила 0,47 ммоль/г), а пребиотической активностью обладают только полиненасыщенные жирные кислоты и меланин.

Выявлено, что биологически активный пигмент меланин и родоксантин проявляют значимый ингибирующий эффект по отношению к цитокину ФНО-α и цитокину ИЛ-1β. Уровень цитокина ФНО-α и ИЛ-1β в реакционной среде в присутствии родоксантина (при концентрации 50 мкг/мл) в конце эксперимента составил 25,15 и 337,71 пг/мл соответственно. Установлено, что меланин проявил значимый ингибирующий эффект по отношению к цитокину ФНО-α только при концентрации 50 мкг/мл.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в соответствии с утвержденным планом тематик научных исследований ФГБОУ ВО «КГТУ», осуществляемых за счет средств федерального бюджета (бюджетный цикл 2025-2027, регистрационный номер карты ЕГИСУ НИОКТР 1124072300009-1 от 23.07.2024 г.), соглашением о предоставлении субсидии из федерального бюджета на финансовое обеспечение выполнения государственного задания на оказание государственных услуг (выполнение работ).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ВКЛАД АВТОРА

Автор публикует результаты собственных исследований.

Автор прочитала и согласна с представленным вариантом рукописи.

ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

- ГОСТ 10444.11–89. Продукты пищевые. Методы определения молочнокислых микроорганизмов. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/111/11148.pdf> (дата обращения: 07.01.2026 г.).
- GOST 10444.11–89. Food products. Methods for determining lactic acid microorganisms. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/111/11148.pdf> (accessed: 07.01.2026) (in Russian).
- Журлова Е.Д., Капрельянц Л.В. 2015. Исследование пребиотической активности ксилоолигосахаридов из пшеничных и ржаных отрубей *in vitro*. *ScienceRise*. Vol. 4. № 1 (9). P. 79–84.
- Zhurlova E.D., Kaprelyants L.V. 2015. Study of the prebiotic activity of xylooligosaccharides from wheat and rye bran *in vitro*. *ScienceRise*. Vol. 4. № 1(9). P. 79–84 (in Russian).
- Burmasova M.A., Utebaeva A.A., Sysoeva E.V., Sysoeva M.A. 2019. Melanins of *Inonotus obliquus*: bifidogenic and antioxidant properties. *Biomolecules*. Vol. 9. № 6. P. 248.
- Calder P.C. 1998. Immunoregulatory and anti-inflammatory effects of n-3 polyunsaturated fatty acids. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. № 31. P. 467–490.

- Dehabadi L., Wilson L.D. 2014. Polysaccharide-based materials and their adsorption properties in aqueous solution. *Carbohydrate Polymers*. Vol. 113. P. 471–479.
- Díaz Bukvic G., Rossi E., Errea M.I. 2023. Polysaccharides as economic and sustainable raw materials for the preparation of adsorbents for water treatment. *Polysaccharides*. Vol. 4. № 3. P. 219–255.
- Eha K., Kaleda A., Menert A., Laos K. 2022. Water sorption behaviour of commercial furcellaran. *Heliyon*. Vol. 8. № 10. P. e11056.
- ElObeid A.S., Kamal-Eldin A., Abdelhalim M.A.K., Haseeb A.M. 2017. Pharmacological properties of melanin and its function in health. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*. Vol. 120. № 6. P. 515–522.
- Fishery FAO. 2002. Aquaculture statistics – Aquaculture production. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Vol. 90/2. P. 183.
- Gil A. 2002. Polyunsaturated fatty acids and inflammatory diseases. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. Vol. 56. № 8. P. 388–396.
- James M.J., Gibson R.A., Cleland L.G. 2000. Dietary polyunsaturated fatty acids and inflammatory mediator production. *The American Journal of Clinical Nutrition*. Vol. 71. № 1. P. 343S–348S.
- Katelnikova A.E., Makarov V.G., Vorobieva V.V. et al. 2017. Progress in using the drugs based on hydrobionts in treatment of respiratory viral infections and their complications. *Reviews on Clinical Pharmacology and Drug Therapy*. Vol. 15. № 1. P. 4–13.
- Maja M.M., Ayano S.F. 2021. The impact of population growth on natural resources and farmers' capacity to adapt to climate change in low-income countries. *Earth Systems and Environment*. № 5. P. 271–283.
- Montuori E., de Pascale D., Lauritano C. 2022. Recent discoveries on marine organism immunomodulatory activities. *Marine Drugs*. Vol. 20. № 7. P. 422. <https://doi.org/10.3390/md20070422>.
- Nawaz M.A., Azam A., Bhatti M.A. 2019. Natural resources depletion and economic growth: Evidence from ASEAN countries. *Polish Journal of English Studies*. Vol. 2. № 2. P. 155–172.
- Neri-Numa I.A., Arruda H.S., Geraldi M.V. 2020. Natural prebiotic carbohydrates, carotenoids and flavonoids as ingredients in food systems. *Current Opinion in Food Science*. Vol. 33. P. 98–107.
- Peng M., Biswas D. 2017. Short chain and polyunsaturated fatty acids in host gut health and foodborne bacterial pathogen inhibition. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Vol. 57. № 18. P. 3987–4002.
- Persiyanova E.V., Kuznetsova T.A., Silchenko A.S. 2020. Effect of sulfated polysaccharides from marine hydrobionts on humoral immune response to ovalbumin in mice. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*. Vol. 169. № 2. P. 246–248.
- Rasoulinezhad E., Taghizadeh-Hesary F., Taghizadeh-Hesary F. 2020. How is mortality affected by fossil fuel consumption, CO₂ emissions and economic factors in CIS region? *Energies*. Vol. 13. № 9. P. 2255.
- Rubtsova K., Rubtsov A.V., Thurman J.M. et al. 2017. B cells expressing the transcription factor T-bet drive lupus-like autoimmunity. *The Journal of Clinical Investigation*. Vol. 127. № 4. P. 1392–1404.
- Saluri M., Kaljuvee K.L., Paalme T. 2021. Structural variability and rheological properties of furcellaran. *Food Hydrocolloids*. Vol. 111. P. 106227.
- Sheibani E., Hosseini A., Sobhani Nasab A. 2023. Application of polysaccharide biopolymers as natural adsorbent in sample preparation. *Critical Reviews in Food*

- Science and Nutrition*. Vol. 63. № 16. P. 2626–2653.
- Shikov A.N., Pozharitskaya O.N., Makarova M.N., Makarov V.G. 2012. Biologically active drugs from aquatic organisms. *Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. Obzoryi po klinicheskoy farmakologii i lekarstvennoy terapii (Reviews of Clinical Pharmacology and Drug Therapy)*. № 10(2). P. 99.
- Solis C.A., Mayol A.P., San Juan J.G. et al. 2020. Multi-objective optimal synthesis of algal biorefineries toward a sustainable circular bioeconomy. *Earth and Environmental Science*. Vol. 463. P. 012051.
- Ubando A.T., Felix C.B., Chen W.H. 2019. Biorefineries in circular bioeconomy: A comprehensive review. *Bioresource Technology*. Vol. 299. P. 122585.
- Vetrani C., Maukonen J., Bozzetto L. 2020. Diets naturally rich in polyphenols and/or long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids differently affect microbiota composition in high-cardiometabolic-risk individuals. *Acta Diabetologica*. Vol. 57. № 7. P. 853–860.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Ульрих Елена Викторовна – Калининградский государственный технический университет; 236022, Россия, Калининград; доктор технических наук, доцент, директор химико-аналитического ресурсного центра, профессор кафедры инжиниринга технологического оборудования; elen.ulrich@mail.ru. SPIN-код: 1900-8057, Author ID: 697029; Scopus ID: 56764211200; ORCID 0000-0003-4107-7277.

Ulrikh Elena Viktorovna – Kaliningrad State Technical University; 236022, Russia, Kaliningrad; Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Chemical-Analytical Resource Center, Professor of the Technological Equipment Engineering Chair; elen.ulrich@mail.ru. SPIN-code: 1900-8057, Author ID: 697029; Scopus ID: 56764211200; ORCID 0000-0003-4107-7277.

Статья поступила в редакцию 19.02.2026; одобрена после рецензирования 25.05.2026; статья принята к публикации 28.09.2026.

The article was submitted 19.02.2026; approved after reviewing 25.05.2026; accepted for publication 28.09.2026.

Для цитирования: Ульрих Е.В. 2026. Изучение пребиотической, адсорбирующей и иммуномоделирующей активности метаболитов гидробионтов Балтийского моря. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 77. С. 34–47. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2026-77-34-47>.

For citation: Ulrikh E.V. 2026. Studying the prebiotic, adsorbing, and immunomodelling activities of metabolites from the Baltic Sea hydrobionts. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 77. P. 34–47 (in Russian). <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2026-77-34-47>.

Научная статья

УДК 598.2(265.52)

DOI: 10.17217/2079-0333-2026-77-48-69

РЕВИЗИЯ ФАУНЫ ПТИЦ ПАРАТУНСКОЙ САНАТОРНО-КУРОРТНОЙ ЗОНЫ (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ КАМЧАТКА)

Лобков Е.Г. ✉

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

По итогам инвентаризации авифауны составлен список видов птиц Паратунской санаторно-курортной зоны, которая является самой востребованной для отдыха и лечения природной территорией и популярным районом отдыха жителей и гостей Камчатки. Аннотированный список включает 139 видов птиц. Для каждого указаны названия на трех языках (латинском, русском и английском) и дана краткая информация о характере пребывания, основных местах обитания и обилии (численности). Дополнительно приведены данные о фоновых лесных и луговых орнитологических комплексах и комментарий к видам птиц, занесенным в Красные книги Российской Федерации и Камчатского края.

Ключевые слова: авифауна, Камчатка, Паратунская санаторно-курортная зона, птицы, список видов.

Original article

REVISION OF THE BIRD FAUNA FROM PARATUNKA SANATORIUM AND RESORT ZONE (SOUTH-EASTERN KAMCHATKA)

Lobkov E.G. ✉

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

According to the results of an inventory of avifauna, a checklist of bird species from Paratunka sanatorium and resort zone was composed, which is the most popular natural territory for rest and treatment and a popular recreation area for residents and guests of Kamchatka. The list includes 139 bird species. Taxa names are indicated in three languages (Latin, Russian and English) and also brief information about the character of distribution, main habitats and abundance (number) are provided. In addition, data on background forest and meadow ornithological complexes and commentary on bird species listed in the Red Books of the Russian Federation and the Kamchatka Territory are provided.

Key words: avifauna, Kamchatka, Paratunka sanatorium and resort zone, birds, species check-list.

✉ Автор, ответственный за корреспонденцию/Corresponding author: lobkov48@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Туризм, в том числе так называемый экологический туризм, – активно развивающееся направление в социально-экономическом развитии Камчатского края. Важное место в нем отводится организации познавательных туров на особо охраняемых природных территориях (далее ООПТ) и приравненных к ним объектах. В основе информационного обеспечения экологического туризма – знания о биологическом разнообразии. Камчатка в этом отношении представляет особый интерес. Начиная с 1996 г. Камчатка включена в список 200 глобально значимых экорегионов, приоритетных для сохранения биоразнообразия [Лобков, 2003].

Однако степень изученности биоразнообразия на камчатских ООПТ остается недостаточной, из-за чего знания о нем не всегда могут быть в необходимой полноте использованы для информационного обеспечения туристической деятельности. Это относится практически ко всем группам живых организмов, населяющих Камчатку, в том числе к птицам, несмотря на то, что они – один из наиболее заметных и востребованных (туристами) объектов наблюдений.

Региональные авифаунистические списки представляют интерес как итог определенного этапа в орнитологических исследованиях. Они особенно популярны у так называемых бердвотчеров (*birdwatchers*) – туристов, любителей птиц. Бердвотчинг необычайно популярен в мире. Взяв с собой список видов и определитель птиц, бердвотчеры excursionируют в том или ином районе, стремясь зафиксировать встречи как можно с большим числом видов. Постепенно формируется аналогичное движение и в России. Одним из предпочитаемых бердвотчерами природных объектов

на Камчатке стала Паратунская санаторно-курортная зона (СКЗ). Этот район доступен в транспортном отношении, здесь достаточно комфортные условия для проживания и одновременно имеются хорошие возможности для знакомства с типичным для Камчатки обликом населения птиц.

Паратунская СКЗ была образована Постановлением Совета Министров Правительства РФ от 30.04.1993 г. № 424 в границах Паратунского месторождения термоминеральных вод. Ее площадь составляет 23 370 га. Согласно Федеральному Закону от 14.03.1995 г. № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» округ санитарной охраны курорт Паратунка значился в составе ООПТ федерального значения на территории Камчатки. Однако в 2013 г. в соответствии с Федеральным законом от 28.12. 2013 г. № 406-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон “Об особо охраняемых природных территориях” и отдельные законодательные акты Российской Федерации» из статьи 2 ФЗ от 1995 г. («Категории особо охраняемых природных территорий, особенности их создания и развития») исключены курорты и лечебно-оздоровительные местности. Тем самым в 2013 г. округ санитарной охраны курорт Паратунка был исключен из перечня ООПТ Камчатского края.

Паратунская СКЗ расположена всего в нескольких десятках километров от крупнейших камчатских городов – Петропавловска-Камчатского и Елизова. В долину Паратунки ведет автодорога, организовано регулярное сообщение общественным транспортом. Несмотря на уже произошедшие антропогенные трансформации природных комплексов и развивающуюся инфраструктуру сельских поселений, значительные участки территории сохраняет вполне естественный природный облик.

В границах Паратунской СКЗ в той или иной степени представлены практически все основные места обитания птиц, характерные для этого района. Преобладают мелколиственные леса и субальпийские заросли кустарников. Соответственно, доля лесных птиц в местной орнитологической фауне – наибольшая. Также благодаря разветвленной сети водотоков и наличию озер и влажных, в том числе заболоченных, лугов здесь встречается немало водных и околоводных птиц. Крупнейшая заболоченная низина с озерами расположена в низовье р. Паратунки.

Долина Паратунки, в частности та ее часть, что находится в границах Паратунской СКЗ, – визитная карточка Камчатки, как Долина гейзеров в Кроноцком заповеднике, гора Морозная вблизи Елизова и другие известные природные достопри-

мечательности Камчатского края. Для каждого биотопа характерно свое, своеобразное сочетание видового состава птиц и их численности. Решающее большинство профилакториев, санаториев, баз отдыха и других аналогичных им учреждений расположено непосредственно в речной долине и живописно выглядят в окружающем лесном ландшафте. Так что окружающий их орнитологический фон – преимущественно лесной. Но расположенные рядом река, озера, луга (болота) вносят в облик фауны птиц «водный» колорит, а места проживания человека и созданные им коммуникации и инфраструктура иллюстрируют способность ряда видов птиц к адаптации к антропогенным факторам.

Целью нашей работы является составление аннотированного списка видов птиц в границах Паратунской СКЗ (рисунок).



Рис. Границы Паратунской санаторно-курортной зоны. Картосхему подготовил В.Е. Кириченко (Камчатский филиал ТИГ ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский)

Fig. The borders of the Paratunka sanatorium and resort zone. The map scheme was prepared by V.E. Kirichenko (Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky)

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В список видов птиц Паратунской санаторно-курортной зоны включены только те виды, что реально отмечены в границах СКЗ хотя бы один раз, независимо от характера их обитания (залетный, мигрирующий, размножающийся, оседлый). Используются сведения, собранные автором за последние почти 50 лет, начиная с первых орнитологических экскурсий в 1970-х гг. За это время территорию СКЗ обследовали круглогодично пешком и с использованием автомобилей и снегоходов. Кроме того, подытожены все опубликованные материалы [Артюхин, 1997, 1998а, 1998б, 2000, 2024; Писарева и др., 2022; Духова, 2024].

Исследовательские маршруты охватили практически всю территорию СКЗ и всегда сопровождались наблюдениями с использованием бинокля. Мы посетили все наиболее значимые для птиц природные объекты в бассейне Паратунки, включая озера Ближнее и Дальнее [Лобков, 2016]. Учеты численности птиц производили зарекомендовавшей на Камчатке методикой подсчета всех замеченных особей в полосе обнаружения шириной 50–100 м в зависимости от видимости [Лобков, 1986, 2003]. Для крупных хищных птиц ширина полосы принималась на предел видимости (до 400 м). Результаты учетов в период размножения птиц мы традиционно представляем в пар/км². Показатели плотности, приводимые в тексте, – это не абсолютный подсчет гнездящихся пар птиц на 1 км². Это – результат математического расчета, отражающего соотношение количества учтенных птиц, протяженности маршрута и ширины учетной полосы на каждом учетном маршруте. Протяженность маршрута часто определялась не столько трудностями его прохождения, сколько конфигурацией и размерами биотопиче-

ских выделов. Особенно это относится к лесным (пойменным) участкам вдоль реки. Информация о том, каких птиц мы принимали за пару, обрабатывая результаты маршрутного учета, подробно изложена в предыдущих работах [Лобков, 1986, 2003].

Решающий объем информации собран в окрестностях населенных пунктов Паратунка и Термальный и вдоль автодорог, откуда совершались многочисленные экскурсии в самых разных направлениях.

В разработанном нами авифаунистическом списке 139 видов, что составляет 40,05% всей фауны птиц Камчатского края по состоянию ее инвентаризации на 1 января 2026 г. (347 видов). При этом не упоминаются многие сомнительные находки, пока не подтвержденные убедительными доказательствами. Аннотированный список видов птиц Паратунской СКЗ является дополнением к недавно изданному Полевому определителю птиц Камчатки [Лобков и др., 2021]. Порядок расположения видов в списке и их номенклатура соответствуют последнему из опубликованных списку видов птиц Российской Федерации [Коблик, Архипов, 2014], включая его новейшую электронную версию.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Приведенный ниже список видов птиц рассматривается по отрядам и семействам по единой схеме: для каждого вида даны русское, английское и латинское названия, затем приводится краткий комментарий к характеру обитания вида на территории Паратунской СКЗ.

ОТРЯД КУРООБРАЗНЫЕ – GALLIFORMES

Семейство Тетеревиные – Tetraonidae

1. Каменный глухарь (Black-billed Capercaillie) – *Tetrao urogalloides* Midden-

dorff, 1853. Редкий оседлый вид, заходящий в границы Паратунской СКЗ со стороны прилегающих крупных массивов каменноберезовых лесов. Наиболее вероятны встречи зимой. В прежние годы в районе озера Дальнего существовали глухариные тока. Ныне известны встречи весной (апрель – май) с одиночными особями.

2. Белая куропатка (Willow Grouse) – *Lagopus lagopus* Linnaeus, 1758. Обычный гнездящийся вид в горах в субальпийской зоне среди стлаников, лугов и горных тундр, зимой концентрируется стаями в мелколиственных, главным образом пойменных лесах. Численность колеблется по годам; пики повторяются примерно через 9–11 лет.

3. Тундряная куропатка (Rock Ptarmigan) – *Lagopus muta* Montin, 1781. Редкий и спорадичный в распространении вид высокогорий. Возможно, единичное размножение на наиболее высоких участках горных образований. Зимой в небольшом числе встречается в стланиках на горных склонах, изредка в мелколиственных лесах. Ведет в основном оседлый образ жизни, совершает лишь вертикальные кочевки.

ОТРЯД ГУСЕОБРАЗНЫЕ – ANSERIFORMES

Семейство Утиные – Anatidae

4. Лебедь-кликун (Whooper Swan) – *Cygnus cygnus* Linnaeus, 1758. Пролетает долиной Паратунки в периоды кочевок и миграций: весной, главным образом в апреле – мае, осенью в сентябре – октябре. Известны встречи с пролетными стаями до 50–70 особей. Одиночными особями, группами и стаями до нескольких десятков птиц проводит время зимой на незамерзающих крупных водотоках. Единичные встречи известны летом на озерах в низовьях реки. Занесен в Красную книгу Камчатского края.

5. Белолобый гусь (Greater White-fronted Goose) – *Anser albifrons* Scopoli, 1769. Изредка пролетает транзитом долиной Паратунки, иногда залетает на территорию СКЗ со стороны океанского побережья в период осенней миграции (конец сентября – октябрь). Отмечены стаи до нескольких десятков особей.

6. Гуменник (Bean Goose) – *Anser fabalis* Latham, 1787. Изредка пролетает транзитом долиной Паратунки в периоды миграций (весной в конце апреля – мае, осенью в сентябре – октябре). Таежный гуменник (*Anser fabalis middendorffii*), занесен в Красные книги России и Камчатского края. Вероятно его нахождение на пролете и в границах Паратунской СКЗ.

7. Свиязь (Eurasian Wigeon) – *Anas penelope* Linnaeus, 1758. Малочисленный вид на озерах в период позднелетних и осенних кочевок и миграции (август – октябрь). Летние встречи свидетельствуют о возможности размножения на заболоченных лугах с озерами в низовье р. Паратунки. Отмечен зимой.

8. Касатка (Falcated Duck) – *Anas falcata* Georgi, 1775. Залетный вид в период кочевок и миграций. Отмечен весной в мае на заболоченных лугах с озерами в низовье Паратунки. Вид занесен в Красные книги России и Камчатского края.

9. Чирок-свистунок (Common Teal) – *Anas crecca* Linnaeus, 1758. Гнездящийся и пролетный (май, август – октябрь) вид обширных заболоченных низин в низовье р. Паратунки. В небольшом числе зимует на крупных водотоках.

10. Кряква (Mallard) – *Anas platyrhynchos* Linnaeus, 1758. Обычный пролетный (май, август – октябрь) и гнездящийся вид водно-болотных угодий. Регулярно зимует на крупных водотоках.

11. Шиловость (Northern Pintail) – *Anas acuta* Linnaeus, 1758. Обычный про-

летный и гнездящийся вид водно-болотных угодий. Основной район обитания – заболоченная низина в низовье р. Паратунки, где может устраивать гнезда, в том числе в колониальных поселениях чайковых птиц.

12. Чирок-трескунок (Garganey) – *Anas querquedula* Linnaeus, 1758. Редкий на пролете вид (единичные встречи в конце мая). Возможно, эпизодически гнездится на заболоченных лугах с озерами, найден в частности на участках с несомкнутым пойменным древостоем, заливаемым половодьем.

13. Широконоска (Northern Shoveler) – *Anas clypeata* Linnaeus, 1758. В настоящее время малочисленный пролетный вид водно-болотных угодий (май, сентябрь – октябрь). Ранее эпизодически гнездился на заболоченных лугах с озерами в низовье Паратунки.

14. Красноголовый нырок (Common Rochard) – *Aythya ferina* Linnaeus, 1758. Залетный вид на крупных озерах в периоды миграций (май). Занесен в Красную книгу Камчатского края.

15. Хохлатая чернеть (Tufted Duck) – *Aythya fuligula* Linnaeus, 1758. Малочисленный пролетный (весной в конце мая и в начале июня, осенью в конце сентября и в октябре) и гнездящийся вид водно-болотных угодий. Основной район обитания – заболоченная низина в низовье р. Паратунки, где этот вид устраивает гнезда на берегах озер, в том числе в колонии чайковых птиц. Пролетные стайки могут быть смешанными с морской чернетью.

16. Морская чернеть (Greater Scaup) – *Aythya marila* Linnaeus, 1761. Обычный пролетный (весной в конце мая и начале июня) и малочисленный гнездящийся вид водно-болотных угодий. Пролетные стаи осенью в конце октября временами залетают со стороны Авачинской губы на озе-

ро Дальнее. Основной район обитания летом – заболоченная низина в низовье р. Паратунки, где этот вид, как и хохлатая чернеть, устраивает гнезда на берегах озер, в том числе в колониях чайковых птиц.

17. Американская синьга (American Scoter) – *Melanitta americana* Swainson, 1832. В период осенней миграций (октябрь) изредка залетает на озеро Дальнее со стороны Авачинской губы.

18. Горбоносый турпан (White-winged Scoter) – *Melanitta deglandi* Bonaparte, 1850. Малочисленный вид, регулярно линяющий на озере Дальнем (в 2016 г. 20 особей). На озерах Дальнем и Ближнем возможно эпизодическое размножение отдельных пар.

19. Каменушка (Harlequin Duck) – *Histrionicus histrionicus* Linnaeus, 1758. В границах Паратунской СКЗ летом отмечены неразмножающиеся и линяющие птицы. Прежде были известны встречи с выводками. Места размножения – горные склоны вдоль крупных водотоков в их верхнем течении. В периоды миграций (май, октябрь) изредка бывает в низовьях рек.

20. Морянка (Long-tailed Duck) – *Clangula hyemalis* Linnaeus, 1758. Залетает на крупные озера и в низовья Паратунки и ее притоков в периоды миграций, отмечена зимой.

21. Гоголь (Common Goldeneye) – *Bucephala clangula* Linnaeus, 1758. Редкий пролетный, малочисленный зимующий вид. В недавнем прошлом были встречи с выводками. Гнезда устраивает в дуплах деревьев и под корягами на берегу. За последние десятилетия численность заметно сократилась.

22. Луток (Smew) – *Mergellus albellus* Linnaeus, 1758. В небольшом числе встречается на реках зимой. Известна давняя осенняя встреча залетной особи в среднем течении Паратунки. Занесен в Красную книгу Камчатского края.

23. Длинноносый крохаль (Red-breasted Merganser) – *Mergus serrator* Linnaeus, 1758. Малочисленный пролетный и гнездящийся вид водно-болотных угодий. В небольшом числе зимует на крупных водотоках.

24. Большой крохаль (Goosander) – *Mergus merganser* Linnaeus, 1758. Малочисленный пролетный и гнездящийся вид водно-болотных угодий. Гнездится в прилегающих к рекам мелколиственных лесах. В небольшом числе зимует на крупных водотоках.

ОТРЯД ПОГАНКООБРАЗНЫЕ – PODICIPEDIFORMES

Семейство Поганковые – Podicipedidae

25. Серощекая поганка (Red-necked Grebe) – *Podiceps grisegena* Boddaert, 1783. Малочисленный гнездящийся вид заросших водной растительностью озер. До недавнего времени регулярно размножалась на озере Микижа и других озерах долины Паратунки.

26. Красношейная поганка (Slavonian Grebe) – *Podiceps auritus* Linnaeus, 1758. Отмечен залет одиночной особи на осенней миграции (сентябрь). Вид занесен в Красные книги России и Камчатского края.

ОТРЯД РЖАНКООБРАЗНЫЕ – CHARADRIIFORMES

Семейство Ржанковые – Charadriidae

27. Тулес (Grey Plover) – *Pluvialis squatarola* Linnaeus, 1758. Редкий пролетный вид, главным образом, осенью.

28. Бурокрылая ржанка (Pacific Golden Plover) – *Pluvialis fulva* Gmelin, 1789. Пролетный вид, наиболее характерны встречи осенью с конца сентября по начало ноября. Голоса мигрантов нередко слышны по ночам. Днем малочисленна: кормится

поодиночке и небольшими стайками на полях, по берегам водоемов, на ягодниках, в горах, бывает на лесных дорогах с лужами.

29. Монгольский зуек (Lesser Sand Plover) – *Charadrius mongolus* Pallas, 1776. Изредка встречается летом на наиболее высоких участках гор, обрамляющих речные долины. Места обитания – горные тундры. Не исключена возможность размножения отдельных пар. На миграциях (весной и осенью) пролетают территорию Паратунской СКЗ транзитом, о чем свидетельствуют ночные голоса мигрантов.

Семейство Бекасовые – Scolopacidae

30. Средний кроншнеп (Whimbrel) – *Numenius phaeopus* Linnaeus, 1758. Малочисленный пролетный вид весной (вторая половина мая, начало июня), обычный – осенью (с конца июля по сентябрь), мигрирует днем и ночью, о чем свидетельствуют голоса мигрантов. Большинство птиц проходит долину Паратунки транзитом. На дневках малочислен, кормящихся птиц изредка наблюдают осенью на ягодниках.

31. Дальневосточный кроншнеп (Far Eastern Curlew) – *Numenius madagascariensis* Linnaeus, 1766. Гнездящийся вид заболоченных лугов в нижней части долины р. Паратунки. Летом 2019 г. здесь было учтено на двух участках порядка 15 пар. На миграциях (май, август) малочислен. Занесен в Красные книги России и Камчатского края.

32. Большой веретенник (Black-tailed Godwit) – *Limosa limosa* Linnaeus, 1758. Малочисленный пролетный вид. Кроме того, на заболоченных лугах с озерами в нижнем течении р. Паратунки летом отмечены отдельные особи и стайки неразмножающихся (кочующих) птиц.

33. Песочник-красношейка (Rufous-necked Stint) – *Calidris ruficollis* Pallas, 1776.

Встречается поодиночке и небольшими стайками на пролете (конец мая и сентябрь) по берегам р. Паратунки в ее низовье.

34. Длиннопалый песочник (Long-toed Stint) – *Calidris subminuta* Middendorff, 1853. Малочисленный пролетный и гнездящийся вид заболоченных лугов с озерами. В наиболее подходящих местах в низовье Паратунки учитывали до 5–6 пар на 1 км² (июнь 2019 г.).

35. Чернозобик (Dunlin) – *Calidris alpina* Linnaeus, 1758. Встречается в периоды миграций, в основном осенью с конца сентября по октябрь. Птицы этого вида видимо залетают на территорию СКЗ, главным образом со стороны дельты Авачи, где осенью бывают скопления.

36. Острохвостый песочник (Sharp-tailed Sandpiper) – *Calidris acuminata* Horsfield, 1821. Редкий пролетный вид. Поздней осенью 2019 г. отмечен на берегу р. Паратунки.

37. Горный дупель (Solitary Snipe) – *Gallinago solitaria* Hodgson, 1831. Регулярно зимует по берегам и в поймах рек и ручьев, где сохраняются хотя бы крошечные участки пляжей и лужаек, свободных от снега. Этому способствует подток термальных вод. Нередко держатся на свободных от снега лужайках возле буровых скважин, где горячая вода стекает на поверхность земли. За последние годы численность сократилась. Вид занесен в Красную книгу Камчатского края.

38. Бекас (Common Snipe) – *Gallinago gallinago* Linnaeus, 1758. Обычный на миграциях (май) и гнездовании, вид заболоченных лугов. Локальная плотность размещения гнездящихся птиц в наиболее подходящих местах (низовье Паратунки) может достигать 15 пар на 1 км² (учет в июне 2019 г.).

39. Круглоносый плавунчик (Red-necked Phalarope) – *Phalaropus lobatus* Lin-

naeus, 1758. Малочисленный, возможно, нерегулярно гнездящийся вид заболоченных лугов с озерами. Отмечен летом в районе озера Утиног (2019 г.).

40. Мородунка (Terek Sandpiper) – *Xenus cinereus* Gldenstdt, 1775. Изредка встречается на пролете в августе по берегам рек на участках с песчано-галечниковыми пляжами и островами.

41. Перевозчик (Common Sandpiper) – *Actitis hypoleucos* Linnaeus, 1758. Малочисленный пролетный (май, август, сентябрь) и гнездящийся вид рек и крупных ручьев, имеющих песчано-галечниковые острова и пляжи.

42. Сибирский пепельный улит (Grey-tailed Tattler) – *Heteroscelus brevipes* Vieillot, 1816. Ныне малочисленный, в прежние годы был вполне обычным пролетным видом (май, сентябрь – октябрь). Мигрирует днем и ночью. Держится поодиночке и небольшими стайками преимущественно по берегам крупных водотоков.

43. Фифи (Wood Sandpiper) – *Tringa glareola* Linnaeus, 1758. Малочисленный пролетный, местами обычный гнездящийся вид водно-болотных угодий. На заболоченных лугах в низовье Паратунки плотность размещения летом может достигать 10 пар на 1 км² (июнь 2019 г.).

44. Большой улит (Common Greenshank) – *Tringa nebularia* Gunnerus, 1767. Малочисленный пролетный и гнездящийся вид водно-болотных угодий. В качестве мест обитания предпочитает речные берега и заросшие негустым лесом луга и болота.

Семейство Чайковые – Laridae

45. Сизая чайка (Common Gull) – *Larus canus* Linnaeus, 1758. Кочующие и кормящиеся птицы этого вида регулярно держатся в низовье Паратунки и на прилегающих к ней заболоченных лугах в течение весны, лета и осени. О гнездовании

сведений нет, но размножение отдельными парами вполне вероятно.

46. Тихоокеанская чайка (Slaty-backed Gull) – *Larus schistisagus* Stejneger, 1884. Ближайшие гнездовые колонии расположены на скалах в Авачинской губе. Отсюда кочующие и кормящиеся птицы этого вида регулярно летают кормиться в низовья крупных водотоков бассейна Паратунки и на прилегающие к ним заболоченные луга в течение весны, лета и осени.

47. Восточносибирская чайка (Vega Gull) – *Larus vegae* Palmen, 1887. Малочисленный кочующий вид. Поодиночке встречается в низовье Паратунки в течение лета и осени.

48. Серокрылая чайка (Glaucous-winged Gull) – *Larus glaucescens* Naumann, 1840. Редкий кочующий вид. Поодиночке или небольшими группами встречается в низовье Паратунки в течение лета и осени.

49. Бургомистр (Glaucous Gull) – *Larus hyperboreus* Gunnerus, 1767. Малочисленный кочующий вид. Поодиночке встречается в низовье Паратунки в течение лета и осени.

50. Озерная чайка (Common Black-headed Gull) – *Larus ridibundus* Linnaeus, 1766. Гнездовая колония расположена на обширном заболоченном лугу с озерами в низовье р. Паратунки. Вместе с гнездящимися птицами здесь держатся и неразмножающиеся особи. Общая численность летом 2019 г. составила более 300 особей, в 2020 г. около 250 птиц. В течение весны, лета и осени эти чайки постоянно кормятся на реках и прилегающих заболоченных лугах.

51. Моевка (Black-legged Kittiwake) – *Rissa tridactyla* Linnaeus, 1758. Изредка поодиночке или небольшими группами залетает в низовье р. Паратунки на кочевках летом и осенью.

52. Речная крачка (Common Tern) – *Sterna hirundo* Linnaeus, 1758. В 2019 г. на обширной заболоченной низине в низовье

Паратунки численность птиц летом составила примерно 150 особей. Они были сосредоточены несколькими колониальными поселениями, приуроченными к озерам. Возможно размножение отдельными парами на речных берегах и островах. Кочующие и кормящиеся особи регулярно встречаются по руслам рек, на озерах и на прилегающих заболоченных лугах.

53. Камчатская (алеутская) крачка (Aleutian Tern) – *Onychoprion camtschaticus* (= *aleuticus*) Pallas, 1811. В небольшом числе гнездится на заболоченном лугу в низовье р. Паратунки (в 2019 г. 12 особей). Кормящихся птиц можно изредка увидеть на реке невдалеке от места размножения. Вид занесен в Красную книгу Камчатского края.

Семейство Поморниковые – Stercorariidae

54. Короткохвостый поморник (Arctic Skua) – *Stercorarius parasiticus* Linnaeus, 1758. Редкий залетный вид на кочевках и миграции (сентябрь).

Семейство Чистиковые – Alcidae

55. Длинноклювый пыжик (Long-billed Murrelet) – *Brachyramphus perdix* Pallas, 1811. В июне 2019 г. одиночная птица пролетела в вечерних сумерках вдоль русла р. Паратунки вверх по течению в районе базы отдыха «Фламинго». Эта встреча может свидетельствовать о возможности гнездования вида где-то в бассейне реки. Вид занесен в Красную книгу Камчатского края.

ОТРЯД КУКУШКООБРАЗНЫЕ – CUCULIFORMES

Семейство Кукушковые – Cuculiidae

56. Кукушка (Common Cuckoo) – *Cuculus canorus* Linnaeus, 1758. Обычный гнездящийся и пролетный вид в мелколиственных лесах и в субальпийских стлани-

ковых кустарниках. Залетает в населенные пункты. На Камчатке известно около 10 видов птиц-хозяев, кому этот вид подкладывает яйца. Чаще всего это птицы из семейства трясогузковых.

57. Глухая кукушка (Oriental Cuckoo) – *Cuculus optatus* Gould, 1845. Обычный гнездящийся и пролетный вид в лесах всех типов. Залетает в населенные пункты. Предпочитает откладывать яйца в гнезда пеночки-таловки.

ОТРЯД ГОЛУБЕОБРАЗНЫЕ – COLUMBIFORMES

Семейство Голубиные – Columbidae

58. Сизый (синантропный) голубь (Rock Dove) – *Columba livia* var. *urbana* Gmelin, 1789. Интродуцент. Оседлый вид в населенных пунктах, где содержится человеком в домашних условиях как декоративная птица, либо представлен живущими самостоятельно полудикими (синантропными) полиморфными группировками.

ОТРЯД СТРИЖЕОБРАЗНЫЕ – APODIFORMES

Семейство Стрижиные – Apodidae

59. Белопоясный стриж (Pacific Swift) – *Apus pacificus* Latham, 1801. Залетный вид. Изредка в конце лета и осенью над долиной Паратунки появляются небольшие группы кормящихся особей. Не исключена возможность размножения на скалистых обнажениях в горах и на склонах речных долин.

ОТРЯД ГАГАРООБРАЗНЫЕ – GAVIIFORMES

Семейство Гагаровые – Gaviidae

60. Краснозобая гагара (Red-throated Diver) – *Gavia stellata* Pontoppidan, 1763.

В периоды миграций изредка залетает со стороны Авачинской губы на озеро Дальнее, а также в низовье р. Паратунки. Отмечена, в частности, весной в мае у слияния рек Паратунки и Правой Быстрой.

ОТРЯД БУРЕВЕСТНИКООБРАЗНЫЕ – PROCELLARIIFORMES

Семейство Качурковые – Hydrobatidae

61. Сизая качурка (Fork-tailed Storm-petrel) – *Oceanodroma furcata* Gmelin, 1789. Известен случайный летний залет на р. Паратунку.

ОТРЯД ЯСТРЕБООБРАЗНЫЕ – ACCIPITRIFORMES

Семейство Скопиные – Pandionidae

62. Скопа (Osprey) – *Pandion haliaetus* Linnaeus, 1758. Примерно 60–70 лет назад этих птиц наблюдали летом на озерах Ближнее и Дальнее. Около 40 лет назад пара взрослых птиц была отмечена в летнее время в среднем течении р. Паратунки, что позволяло предполагать возможность гнездования. С тех пор летних находок нет, возможны эпизодические залеты. Вид занесен в Красные книги России и Камчатского края.

Семейство Ястребиные – Accipitridae

63. Тетеревятник (Northern Goshawk) – *Accipiter gentilis* Linnaeus, 1758. Малочисленный гнездящийся вид мелколиственных, главным образом каменисто-березовых лесов. Встречается весь год. Зимой может охотиться в населенных пунктах и их окрестностях. В последние десятилетия по всей Камчатке стал популярным объектом браконьерского отлова. Занесен в Красные книги России и Камчатского края. Представлен особями разной окраски: серой, белой с переходами между ними.

64. Перепелятник (Eurasian Sparrowhawk) – *Accipiter nisus* Linnaeus, 1758. Малочисленный гнездящийся вид мелколиственных, главным образом каменистых лесов. Регулярно встречается на миграциях (сентябрь – октябрь), отдельные особи зимуют или залетают зимой на кочевках.

65. Беркут (Golden Eagle) – *Aquila chrysaetos* Linnaeus, 1758. О размножении сведений нет, но летние встречи в горах у границ Паратунской СКЗ известны. Малочисленный залетный вид в периоды миграций и зимой. Занесен в Красные книги России и Камчатского края.

66. Орлан-белохвост (White-tailed Sea-eagle) – *Haliaeetus albicilla* Linnaeus, 1758. Редкий залетный вид на миграциях (сентябрь – ноябрь) и зимой. Занесен в Красные книги России и Камчатского края.

67. Белоплечий орлан (Steller's Sea-eagle) – *Haliaeetus pelagicus* Pallas, 1811. Раньше гнезился в долине Паратунки. В настоящее время встречается как залетный вид в основном в периоды миграций (сентябрь – ноябрь) и зимой. Занесен в Красные книги России и Камчатского края.

68. Зимняк (Rough-legged Buzzard) – *Buteo lagopus* Pontoppidan, 1763. Малочисленный гнездящийся вид мелколиственных, главным образом каменистых лесов и скалистых обнажений речных долин. Охотится в основном на мышевидных грызунов на открытых участках местности в речных долинах и в горах, в том числе близ селений. Регулярно встречается в периоды миграций (апрель, май, сентябрь, октябрь), очень редко зимой. Окраска оперения изменчива: наиболее обычны светлые варианты, но встречаются и так называемые меланисты с очень темным, черноватым оперением.

ОТРЯД СОВООБРАЗНЫЕ – STRIGIFORMES

Семейство Совиные – Strigidae

69. Ястребиная сова (Northern Hawk Owl) – *Surnia ulula* Linnaeus, 1758. Малочисленный оседлый вид мелколиственных лесов, зимой залетает в населенные пункты.

70. Мохноногий сыч (Tengmalm's Owl) – *Aegolius funereus* Linnaeus, 1758. Редкий оседлый вид мелколиственных лесов, в негнездовое время, чаще зимой, залетает в населенные пункты.

71. Болотная сова (Short-eared Owl) – *Asio flammeus* Pontoppidan, 1763. Малочисленный частично оседлый и частично мигрирующий вид. Основные места обитания – кустарниковые заросли по окраинам лугов, включая субальпику. На соседней с Паратунской СКЗ территории нередко кормится на сельскохозяйственных полях.

72. Белая сова (Snowy Owl) – *Nyctea scandiaca* Linnaeus, 1758. Изредка залетает в периоды кочевок и зимой к границам Паратунской СКЗ со стороны ближайших сельскохозяйственных полей. Вид занесен в Красную книгу Камчатского края.

ОТРЯД ДЯТЛООБРАЗНЫЕ – PICIFORMES

Семейство Дятловые – Picidae

73. Трехпалый дятел (Eurasian Three-toed Woodpecker) – *Picoides tridactylus* Linnaeus, 1758. Малочисленный вид, ведущий преимущественно оседлый образ жизни. Совершает небольшие кочевки. Населяет мелколиственные леса. В негнездовое время бывает в населенных пунктах, но реже других дятлов.

74. Малый пестрый дятел (Lesser Spotted Woodpecker) – *Dendrocopos minor* Linnaeus, 1758. Вполне обычный вид, ведущий преимущественно оседлый образ

жизни или совершает местные кочевки. Населяет мелколиственные леса. Может гнездиться рядом с человеческим жильем, регулярно бывает в поселках в негнездовое время.

75. Большой пестрый дятел (Great Spotted Woodpecker) – *Dendrocopos major* Linnaeus, 1758. Вполне обычный вид, ведущий преимущественно оседлый образ жизни. Совершает небольшие кочевки. Населяет мелколиственные леса. Может гнездиться в населенных пунктах и регулярно бывает там в негнездовое время.

ОТРЯД СОКОЛООБРАЗНЫЕ – FALCONIFORMES

Семейство Соколиные – Falconidae

76. Дербник (Merlin) – *Falco columbarius* Linnaeus, 1758. Залетает в долину Паратунки в периоды осенней миграции (сентябрь, октябрь); в населенных пунктах возможны эпизодические зимние встречи.

77. Чеглок (Eurasian Hobby) – *Falco subbuteo* Linnaeus, 1758. Малочисленный гнездящийся вид мелколиственных, главным образом каменноберезовых лесов. Охотится на мелких птиц и крупных насекомых в лесах и на открытых участках местности.

78. Креchet (Gyr Falcon) – *Falco rusticolus* Linnaeus, 1758. Изредка встречается в негнездовое время (на миграциях в сентябре – ноябре и зимой). В населенных пунктах охотится на домашних голубей и восточных черных ворон. Вид занесен в Красные книги России и Камчатского края. Представлен особями в разной степени светлой (до белой) и серой окраски оперения.

79. Сапсан (Peregrine Falcon) – *Falco peregrinus* Tunstall, 1771. Эпизодически залетает на территорию Паратунской СКЗ в период осенней миграции в сентябре – октябре. Занесен в Красные книги России и Камчатского края.

ОТРЯД ВОРОБЬЕОБРАЗНЫЕ – PASSERIFORMES

Семейство Сорокопутовые – Laniidae

80. Сибирский жулан (Brown Shrike) – *Lanius cristatus* Linnaeus, 1758. Редкий, спорадичный в размещении вид, эпизодически, видимо, гнездится на опушках лесов и среди негустых кустарников.

81. Серый сорокопут (Great Grey Shrike) – *Lanius excubitor* Linnaeus, 1758. Редкий залетный вид в лесах на осенних кочевках (сентябрь – ноябрь). Отмечен на дачных участках в момент охоты на мелких воробьеобразных птиц.

Семейство Врановые – Corvidae

82. Сорока (Common Magpie) – *Pica pica* Linnaeus, 1758. Полуоседлый вид, малочисленный на гнездовании в лесах всех типов. Предпочитает пойменные леса вблизи жилья человека и вдоль автодорог. В негнездовое время часто посещает населенные пункты и подолгу держится в их окрестностях.

83. Кедровка (Spotted Nutcracker) – *Nucifraga caryocatactes* Linnaeus, 1758. Летом встречается в горах среди зарослей кедрового стланика, но гнезда найдены только в лесах. В негнездовое время – широко кочующий вид, численность колеблется по годам и определяется, в том числе, урожаем кедровых орешков. Чаше – это малочисленный или даже редкий вид. Но бывают сезоны, когда кедровки встречаются в лесах регулярно и залетают в населенные пункты.

84. Восточная черная ворона (Oriental Carrion Crow) – *Corvus orientalis* Eversman, 1841. Полуоседлый вид, частичный синантроп. Обычен на гнездовании в лесах, особенно вблизи жилья человека и непосредственно в границах селений. В негнездовое время концентрируется в населенных пунктах десятками и сотнями особей.

85. Ворон (Common Raven) – *Corvus corax* Linnaeus, 1758. Полуоседлый вид, малочисленный на гнездовании на скалистых обнажениях речных долин и в горах. Может устраивать гнезда на опорах ЛЭП. В негнездовое время часто посещает населенные пункты и их окрестности.

Семейство Жаворонковые – Alaudidae

86. Полевой жаворонок (Eurasian Skylark) – *Alauda arvensis* Linnaeus, 1758. Малочисленный пролетный и гнездящийся вид сухих лугов и заросших полей.

Семейство Ласточковые – Hirundinidae

87. Береговушка (Collared Sand Martin) – *Riparia riparia* Linnaeus, 1758. Малочисленный пролетный и гнездящийся вид. Гнезда устраивает в норах, вырытых в песчаных обрывах речных берегов. Крупных колоний в долине Паратунки нет, но образует мелкие поселения, которые отличаются непостоянством.

88. Деревенская ласточка (Barn Swallow) – *Hirundo rustica* Linnaeus, 1758. Залетный в периоды миграций и эпизодически гнездящийся вид. Известен случай размножения в дачных постройках. Занесена в Красную книгу Камчатского края.

89. Рыжепоясничная ласточка (Red-rumped Swallow) – *Cecropis daurica* Laxmann, 1789. Зарегистрирован весенний залет (2020 г.).

Семейство Сверчковые – Locustelidae

90. Охотский сверчок (Middendorff's Warbler) – *Locustella ochotensis* Middendorff, 1853. Обычный, местами вполне многочисленный гнездящийся и пролетный вид лугов, сухих и влажных, но обязательно с достаточно густым и высоким травяным или кустарничковым покровом. На заболоченных лугах в низовье Паратунки в 2019 г. плотность размещения на гнездо-

вании местами составляла 40–50 пар/км², около 20% всего населения птиц.

91. Пятнистый сверчок (Lanceolated Warbler) – *Locustella lanceolata* Temminck, 1840. Малочисленный гнездящийся и пролетный вид лугов с хорошо развитым травяным и кустарничковым покровом, а также стланикового пояса в предгорьях и кустарничкового подлеска в лесах.

Семейство Пеночковые – Phylloscopidae

92. Буряя пеночка (Dusky Warbler) – *Phylloscopus fuscatus* Blyth, 1842. Малочисленный пролетный вид в лесах, главным образом осенью. Возможно спорадичное размножение в условиях субальпик.

93. Камчатская (островная) таловка (Kamchatkan Arctic Warbler) – *Phylloscopus examinandus* Stresemann, 1913. Многочисленный, фоновый, часто доминирующий гнездящийся и пролетный вид лесов и субальпийских кустарников. Плотность размещения на гнездовании нередко составляет 70–80 пар/км² и более, а доля в населении птиц до 15% и более (2019 г.).

Семейство Ополовниковые (Длиннохвостые синицы) – Aegithalidae

94. Ополовник (Long-tailed Tit) – *Aegithalos caudatus* Linnaeus, 1758. Малочисленный гнездящийся, кочующий и зимующий вид в лесах (некоторое предпочтение отдает пойменным лесам).

Семейство Синицевые – Paridae

95. Пухляк (Willow Tit) – *Poecile montanus* Conrad, 1827. Обычный, в некоторые годы вполне многочисленный гнездящийся, кочующий и зимующий вид по всему лесному поясу. Зимой – фоновый вид в населении птиц лесов, формирующий смешанные стаи с участием поползней, а также дятлов и других видов птиц. Часть пух-

ляков зимует в населенных пунктах. Охотно посещает кормушки.

96. Московка (Coal Tit) – *Periparus ater* Linnaeus, 1758. Редкий залетный вид в лесах в период осенних кочевков.

Семейство Поползневые – Sittidae

97. Поползень (Eurasian Nuthatch) – *Sitta europaea* Linnaeus, 1758. Обычный гнездящийся вид лесов. Ведет полуоседлый образ жизни. Зимой часто держится вместе с пухляками, совместно кочуя с ними в лесах и в населенных пунктах.

Семейство Оляпковые – Cinclidae

98. Буряя оляпка (Brown Dipper) – *Cinclus pallasii* Temminck, 1820. Характер обитания не ясен. Есть опросная информация о зимних встречах на незамерзающих участках р. Паратунки. Это вполне соответствует образу жизни вида, что давало основание предполагать возможным его размножение. Однако подтверждений ни зимним, ни летним находкам нет.

Семейство Мухоловковые – Muscicapidae

99. Сибирская мухоловка (Dark-sided Flycatcher) – *Muscicapa sibirica* Gmelin, 1789. Малочисленный гнездящийся и пролетный вид мелколиственных лесов.

100. Пестрогрудая мухоловка (Grey-streaked Flycatcher) – *Muscicapa griseisticta* Swainson, 1861. Малочисленный гнездящийся и пролетный вид мелколиственных лесов.

101. Восточная малая мухоловка (Taiga Flycatcher) – *Ficedula albicilla* Pallas, 1811. Обычный, местами вполне многочисленный вид на гнездовании и пролете в высокоствольных лесах. Плотность размещения на гнездовании может достигать 20–30 пар/км² и более (2019 г.). Нередко входит в фоновую группу видов.

102. Варакушка (Bluethroat) – *Cyanosylvia svecica* Linnaeus, 1758. Редкий, спорадично гнездящийся и пролетный вид в субальпийской зоне. Предпочитает участки с кустарничковыми лугами (в том числе увлажненными) и низкорослыми кустарниками вдоль мелких водотоков в условиях более или менее сглаженного горного рельефа.

103. Соловей-красношейка (Siberian Rubythroat) – *Calliope calliope* Pallas, 1776. Малочисленный гнездящийся и пролетный вид мелколиственных лесов, закустаренных лугов и субальпийской зоны.

104. Соловей-свистун (Rufous-tailed Robin) – *Larvivora sibilans* Swinhoe, 1863. Обычный гнездящийся и пролетный вид в высокоствольных лесах. Предпочитает пойменные леса, где может входить в состав фоновой группы видов (в 2019 г. плотность на гнездовании местами доходила до 40 пар/км² и более).

105. Синехвостка (Northern Red-flanked Bluetail) – *Tarsiger cyanurus* Pallas, 1773. Редкий гнездящийся и пролетный вид верхней зоны каменноберезовых лесов на границе с субальпийскими стланиковыми кустарниками.

106. Каменка (Northern Wheatear) – *Oenanthe oenanthe* Linnaeus, 1758. Залетный вид в период осенней миграции. Отмечен в пос. Паратунка на технических сооружениях (например, на старой водонапорной башне).

Семейство Дроздовые – Turdidae

107. Золотистый дрозд (Brown-headed Thrush) – *Turdus chrysolaus* Temminck, 1832. Недавний вселенец в южных районах Камчатки со стороны Курильских островов. В настоящее время – малочисленный гнездящийся вид мелколиственных (каменноберезовых и пойменных ольхово-ивовых) лесов долины Паратунки.

108. Оливковый дрозд (Eyebrowed Thrush) – *Turdus obscurus* Gmelin, 1789. Обычный гнездящийся и пролетный вид мелколиственных лесов. Плотность размещения на гнездовании может достигать 20–30 пар/км² (2019 г.), местами может входить в состав фоновой группы видов лесного населения птиц.

109. Бурый дрозд (Dusky Thrush) – *Turdus eunotus* Temminck, 1831. Малочисленный гнездящийся и пролетный вид. На гнездовании спорадично населяет субальпийские кустарники в горной обстановке, на пролете изредка встречается в населенных пунктах.

Семейство Свиристелевые – Bombycillidae

110. Свиристель (Bohemian Waxwing) – *Bombycilla garrulus* Linnaeus, 1758. Кочующий вид в негнездовое время, преимущественно осенью и зимой. Держится стаями. Численность разная по годам. Обычно – малочисленный вид. Временами его может не быть совсем. Но в некоторые годы при достатке кормов (прежде всего, ягоды рябины, а также шиповника, боярышника) стаи могут насчитывать сотни особей, перелетающих между населенными пунктами и в их окрестностях.

Семейство Завирушковые – Prunellidae

111. Сибирская завирушка (Siberian Accentor) – *Prunella montanella* Pallas, 1776. Редкий пролетный вид осенью. Мигранты поодиночке встречаются в стланиковых кустарниках на склонах речных долин.

Семейство Воробьиные – Passeridae

112. Домовый воробей (House Sparrow) – *Passer domesticus* Linnaeus, 1758. На Камчатке этот вид можно квалифицировать как преднамеренный интродуцент, специально завезенный человеком (в Ели-

зово). В настоящее время ареал на юге Камчатки медленно расширяется. Крупнейшая популяция – в городе Елизово и его окрестностях. Пока нет убедительных сведений о размножении домовых воробьев в населенных пунктах долины Паратунки, но имеются осенние встречи.

113. Полевой воробей (Eurasian Tree Sparrow) – *Passer montanus* Linnaeus, 1758. Непреднамеренный интродуцент, успешно освоивший населенные пункты Камчатки. В долине Паратунки распространился в течение 1980-х годов. Обычен в селениях, на базах отдыха, местами гнездится в ближайших к ним лесах. Источниками расселения стали популяции городов Петропавловска-Камчатского и Елизово. В настоящее время на Камчатке – самый многочисленный вид птиц в поселках из группы оседлых синантропов.

Семейство Трясогузковые – Motacillidae

114. Пятнистый конек (Olive-backed Pipit) – *Anthus hodgsoni* Richmond, 1907. Обычный, местами вполне многочисленный гнездящийся и пролетный вид лесов, включая стланиковые кустарники в субальпийском горном поясе. В лесах из каменной березы – один из фоновых видов, составляющий до 10–15% и более всего населения птиц (на гнездовании до 40–50 пар/км²). Способен гнездиться в населенных пунктах.

115. Сибирский конек (Pechora Pipit) – *Anthus gustavi* Swinhoe, 1863. Малочисленный пролетный и гнездящийся вид заболоченных лугов в низовье Паратунки.

116. Краснозобый конек (Red-throated Pipit) – *Anthus cervinus* Pallas, 1811. Мало числен на пролете. Встречается преимущественно осенью в условиях горных тундр, изредка на сухих лугах в долине реки. Ночью можно услышать голоса транзитных мигрантов.

117. Гольцовый конек (Buff-bellied Pipit) – *Anthus rubescens* Tunstall, 1771. Малочисленный гнездящийся и обычный пролетный вид в горах. Держится на участках с горными тундрами, в том числе среди зарастающих вулканических шлаков с редкими кустами стлаников. В долине Паратунки можно услышать голоса транзитных мигрантов.

118. Берингийская (желтая) трясогузка (Eastern Yellow Wagtail) – *Motacilla tshutschensis* Gmelin, 1789. Обычный пролетный и гнездящийся вид лугов, будь это сухие разнотравные или влажные и заболоченные луга в речной долине или субальпийские луга в горах. Местами на гнездовании может быть многочисленным и доминирующим видом: на заболоченных лугах в низовье Паратунки плотность размещения превышает 60 пар/км² с долей участия в населении птиц до 25% (2019 г.).

119. Горная трясогузка (Gray Wagtail) – *Motacilla cinerea* Tunstall, 1771. Малочисленный пролетный и гнездящийся вид. Основные места гнездования – берега рек, особенно там, где есть захламленные плавником пляжи, косы и острова, а также обочины автодорог, дорожные мосты. Может гнездиться в населенных пунктах, на базах отдыха.

120. Белая трясогузка (White Wagtail) – *Motacilla alba* Linnaeus, 1758. Малочисленный пролетный вид. Представлен подвидом *Motacilla alba ocularis* (очковая или якутская белая трясогузка), который населяет северную часть Камчатского края и прилегающие континентальные регионы. Мигранты держатся стайками в населенных пунктах и по берегам рек.

121. Камчатская трясогузка (Black-backed Wagtail) – *Motacilla (alba) lugens* Gloger, 1829. Обычный гнездящийся и пролетный вид. Естественные места обитания – это берега рек и озер. Тесно связа-

на с жильем человека, населяя поселки, базы отдыха, а также обочины автодорог, дорожные мосты и разные искусственные строения.

Семейство Вьюрковые – Fringillidae

122. Юрок (Brambling) – *Fringilla montifringilla* Linnaeus, 1758. Обычный гнездящийся и пролетный вид в лесах. В последние годы численность повсеместно возросла до уровня одного из доминантов в орнитологическом населении: 30–40 пар/км², доля в населении птиц 5–12% (2019 г.). Известны зимние встречи.

123. Китайская зеленушка (Oriental Greenfinch) – *Chloris sinica* Linnaeus, 1766. Обычный гнездящийся и пролетный вид в лесах. Вместе с древесно-кустарниковыми зарослями проникает в населенные пункты.

124. Чиж (Eurasian Siskin) – *Spinus spinus* Linnaeus, 1758. Эпизодически залетает в негнездовое время на кочевках.

125. Чечетка (Common Redpoll) – *Acanthis flammea* Linnaeus, 1758. Чаше малочисленный, в некоторые годы обычный гнездящийся вид лесов и субальпийских кустарников. На пролете и зимних кочевках в некоторые сезоны может быть многочисленным в населенных пунктах и вдоль автодорог.

126. Пепельная чечетка (Arctic Redpoll) – *Acanthis hornemanni* Holböll, 1843. Редкий или малочисленный, пролетный или кочующий вид в негнездовое время. Их чаще можно видеть в стаях вместе с обыкновенной чечеткой, но возможны встречи с самостоятельными особями и одновидовыми стаями.

127. Клест-еловик (Red Crossbill) – *Loxia curvirostra* Linnaeus, 1758. Зарегистрирован залет зимой в пос. Паратунка.

128. Сибирский горный вьюрок (Asian Rosy-finch) – *Leucosticte arctoa* Pallas, 1811. Редкий и спорадичный в распространении

гнездящийся вид скалистых обнажений в верховьях рек и на горных вершинах. В 1970-х годах птицы этого вида регулярно проводили зиму на дорогах в населенных пунктах. С тех пор численность сократилась, в настоящее время они бывают зимой заметно реже. Зарегистрирован зимний залет к термальным площадкам у скважин.

129. Чечевица (Common Rosefinch) – *Carpodacus erythrinus* Pallas, 1770. Один из фоновых видов, гнездящихся в лесах и кустарниках. Предпочитает пойменные леса. Плотность размещения на гнездовании составляет порядка 20–40 пар/км² при доле участия в населении птиц 5–10%. (2019 г.) Обычна на пролете.

130. Щур (Pine Grosbeak) – *Pinicola enucleator* Linnaeus, 1758. Малочисленный, даже редкий гнездящийся вид кедровых стлаников. В негнездовое время (в основном зимой) изредка встречается в населенных пунктах.

131. Снегирь (Eurasian Bullfinch) – *Pyrrhula pyrrhula* Linnaeus, 1758. Малочисленный гнездящийся и кочующий вид лесов. Зимой регулярно встречается в населенных пунктах.

132. Дубонос (Hawfinch) – *Coccothraustes coccothraustes* Linnaeus, 1758. Малочисленный гнездящийся и кочующий вид лесов. Зимой встречается в населенных пунктах.

Семейство Овсянковые – Emberizidae

133. Камышовая овсянка (Reed Bunting) – *Schoeniclus schoeniclus* Linnaeus, 1758. Обычный гнездящийся и пролетный вид пойменных лесов и влажных кустарничковых лугов. На заболоченных лугах в низовье р. Паратунки плотность размещения на гнездовании местами составляет порядка 50 пар/км² с долей участия в населении птиц до 20% (2019 г.).

134. Дубровник (Yellow-breasted Bunting) – *Ocyris aureolus* Pallas, 1773. До недавнего времени был сравнительно обычным видом закустаренных лугов в речных долинах. Численность сократилась, и в настоящее время это редкий и спорадично гнездящийся и пролетный вид. Занесена в Красные книги России и Камчатского края.

135. Овсянка-крошка (Little Bunting) – *Ocyris pusillus* Pallas, 1776. Редкий залетный вид по берегам рек в период осенней миграции (сентябрь – ноябрь).

136. Овсянка-ремез (Rustic Bunting) – *Ocyris rusticus* Pallas, 1776. Один из фоновых гнездящихся и пролетных видов лесов (особенно – пойменных) и субальпийских кустарников. Плотность размещения составляет от 30 до 90 пар/км², а доля в населении птиц в ольхово-ивовых лесах вдоль рек может достигать 20% и более (2019 г.). Занесена в Красную книгу России.

137. Сизая овсянка (Grey Bunting) – *Ocyris variabilis* Temminck, 1836. Малочисленный, местами вполне обычный гнездящийся и пролетный вид лесов и субальпийских кустарников. Предпочитает пойменные ольхово-ивовые леса.

138. Лапландский подорожник (Lapland Longspur) – *Calcarius lapponicus* Linnaeus, 1758. Редкий и спорадичный на гнездовании вид горных тундр. В период весеннего пролета встречается на рано освобождающихся от снега лугах в низовьях рек.

139. Пуночка (Snow Bunting) – *Plectrophenax nivalis* Linnaeus, 1758. Летом изредка встречается на каменистых горных тундрах на наиболее высоких участках горных образований, обрамляющих речные долины. Возможно, эпизодически и единично размножается там, так как за пределами территории СКЗ на Мутновском долу такие случаи известны. В 1970-х годах этот вид нередко находили зимой в населенных пунктах, в настоящее время такие наблюдения редки.

**Птицы Паратунской
санаторно-курортной зоны
в Красных книгах**

В авифауне Паратунской СКЗ 19 видов (14,3%) занесены в Красную книгу Камчатского края и 12 (9%) видов – из Красной книги РФ. Не во всем данные списки совпадают, поскольку состояние популяций одного и того же вида на Камчатке и в масштабах всей страны не всегда одинаково. Ситуации могут быть разными: для одних видов камчатская популяция малочисленна, уязвима, может демонстрировать негативный тренд и требует особой охраны, но в масштабах страны, с учетом ситуаций в разных регионах, состояние вида вполне устойчивое и удовлетворительное (лебедь-кликун, деревенская ласточка и др.). Для других видов (например, овсянка-ремез) популяции в разных регионах в масштабах страны демонстрируют прогрессирующее сокращение, но на Камчатке вид остается одним из фоновых, и его состояние вполне надежно.

Среди краснокнижных птиц на территории Паратунской СКЗ – виды с разным характером обитания: размножающиеся

(гнездящиеся), пролетные и залетные. Но независимо от характера обитания, все они требуют специальной охраны.

**Наиболее характерные
гнездящиеся птицы фоновых
местообитаний Паратунской
санаторно-курортной зоны**

Решающее большинство лечебниц, баз отдыха, профилакториев, санаториев и других мест пребывания людей на территории Паратунской СКЗ расположены непосредственно в лесном окружении и поблизости от водотоков и заболоченных низин. Перечень наиболее характерных гнездящихся птиц насчитывает 63 вида. Это не все гнездящиеся виды Паратунской СКЗ, но это те, которых с наибольшей вероятностью можно встретить на гнездовании в основных (фоновых) биотопах (таблица). Орнитологическая обстановка и, соответственно, разнообразие видов в биотопах в разные годы может отличаться в связи с естественной динамикой природных условий, а в последнее время – и с учетом усиливающегося влияния антропогенных факторов.

Таблица. Характерные гнездящиеся птицы фоновых местообитаний на территории Паратунской СКЗ

Table. Characteristic nesting birds of background habitats on the territory of Paratunka sanatorium and resort zone

№	Виды птиц	Основные биотопы размножения птиц						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Белая куропатка			+				
2	Чирок-свистунок				+			
3	Кряква				+			
4	Шилохвость				+			
5	Хохлатая чернеть				+			
6	Морская чернеть				+			
7	Большой крохаль				+			
8	Серощекая поганка				+			
9	Чеглок	+						
10	Перепелятник	+						
11	Тетеревятник	+						
12	Зимняк	+				+		
13	Бекас				+			
14	Дальневосточный кроншнеп				+			
15	Фифи				+			
16	Перевозчик						+	

Окончание табл.

The End of Table.

№	Виды птиц	Основные биотопы размножения птиц						
		1	2	3	4	5	6	7
17	Длиннопалый песочник				+			
18	Озерная чайка				+			
19	Речная крачка				+		+	
20	Камчатская крачка				+			
21	Сизый голубь							+
22	Кукушка	+	+	+				+
23	Глухая кукушка	+	+	+				
24	Мохноногий сыч	+	+					
25	Ястребиная сова	+						
26	Болотная сова			+				
27	Малый пестрый дятел	+	+					
28	Большой пестрый дятел	+	+					
29	Трехпалый дятел	+	+					
30	Полевой жаворонок				+			
31	Береговушка						+	
32	Пятнистый конек	+	+	+				
33	Берингийская трясогузка				+			
34	Горная трясогузка						+	+
35	Камчатская трясогузка						+	+
36	Золотистый дрозд	+	+					
37	Оливковый дрозд	+	+					
38	Соловей-свистун	+	+					
39	Соловей-красношейка	+	+	+				
40	Пестрогрудая мухоловка	+	+					
41	Сибирская мухоловка	+	+					
42	Восточная малая мухоловка	+	+					
43	Охотский сверчок			+	+			
44	Пятнистый сверчок		+		+			
45	Камчатская (островная) таловка	+	+	+				
46	Пухляк	+	+					
47	Поползень	+	+					
48	Сорока	+	+					
49	Кедровка			+				
50	Восточная черная ворона	+	+					+
51	Ворон					+		
52	Полевой воробей							+
53	Юрок	+	+					
54	Китайская зеленушка	+	+					
55	Чечетка	+	+					
56	Сибирский горный вьюрок					+		
57	Чечевица	+	+	+				
58	Шур			+				
59	Снегирь	+	+					
60	Камышовая овсянка		+		+			
61	Овсянка-ремез	+	+	+				
62	Сизая овсянка	+	+	+				

Примечание. В таблице приняты следующие сокращения: 1 – леса из каменной березы; 2 – пойменные ольхово-ивовые леса; 3 – стланиковые кустарники с участками субальпийских лугов на горных склонах; 4 – луга и болота с озерами; 5 – высокогорье (горные тундры и скалы); 6 – речные русла и берега; 7 – жилые кварталы населенных пунктов

Note. The following abbreviations are used in the table: 1 – forests of stone birch; 2 – floodplain alder-ivo forests; 3 – shrubs with areas of subalpine meadows on mountain slopes; 4 – meadows and swamps with lakes; 5 – high-lands (mountain tundra and rocks); 6 – riverbeds and banks; 7 – residential quarters of settlements

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный нами аннотированный список птиц Паратунской санаторно-курортной зоны из 139 видов является результатом новейшей ревизии региональной авифауны, в процессе работы над которой учтена и критически осмыслена информация, собранная за более чем 50 лет. Список видов составлен в соответствии с современными взглядами на систематику и номенклатуру птиц России.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ВКЛАД АВТОРА

Лобков Е.Г. – сбор и анализ литературных и собственных данных, написание статьи.

Автор прочитал и согласен с представленным вариантом рукописи.

ЛИТЕРАТУРА

- Артюхин Ю.Б. 1997. Пятнистый сверчок *Locustella lanceolata* – новый вид-воспитатель глухой кукушки *Cuculus saturates*. *Русский орнитологический журнал*. Экспресс-выпуск № 14. С. 19–20.
- Артюхин Ю.Б. 1998а. Дальневосточный кроншнеп на Юго-Восточной Камчатке. В сб. Вопросы сохранения ресурсов малоизученных редких животных Севера. Материалы к Красной книге. Вып. 2. Москва: ЦНИЛ охотничьего хозяйства Минсельхозпрода РФ. С. 194–196.
- Артюхин Ю.Б. 1998б. Алеутская крачка на Юго-Восточной Камчатке. В сб. Вопросы сохранения ресурсов малоизученных редких животных Севера. Материалы к Красной книге. Вып. 2. Москва: ЦНИЛ охотничьего хозяйства Минсельхозпрода РФ. С. 196–198.
- Артюхин Ю.Б. 2000. Материалы к гнездовой биологии птиц Камчатки. В сб. Биология и охрана птиц Камчатки. Вып. 2. Москва: Россельхозакадемия. С. 26–29.
- Артюхин Ю.Б. 2024. О влиянии берегового лова лососей на популяцию короткоклювого пыжика *Brachyramphus brevirostris* Российского сектора Берингова моря. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 69. С. 39–56. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2024-69-39-56>.
- Духова Э.Р. 2024. Гнездящиеся птицы пойменного леса реки Паратунки (Юго-Восточная Камчатка). *Материалы XVII международной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Москва: Издательство Центра охраны дикой природы. С. 48–50.
- Коблик Е.А., Архипов В.Ю. 2014. Фауна птиц стран Северной Евразии в границах бывшего СССР. Списки видов. *Зоологические исследования*. № 14. Зоологический музей МГУ. Москва: Товарищество научных изданий КМК. 171 с.
- Лобков Е.Г. 1986. Гнездящиеся птицы Камчатки. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 304 с.
- Лобков Е.Г. 2003. Птицы Камчатки (география, экология, стратегия охраны). *Диссертация в виде научного доклада ... д-ра биол. наук*. Москва: МПГУ. 60 с.
- Лобков Е.Г. 2016. Орнитологический комплекс оз. Дальнего (бассейн р. Паратунки, Восточная Камчатка). *Материалы XVII международной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Пе-

тропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 278–283.

- Лобков Е.Г., Герасимов Ю.Н., Мосалов А.А. и др. 2021. Птицы Камчатки и Командорских островов. В кн. Полевой определитель птиц. Москва: Перо. 422 с.
- Писарева М.В., Духова Э.Р., Герасимов Ю.Н. 2022. Птицы бассейна реки Паратунки. В сб. Биология и охрана птиц Камчатки. Вып. 14. Москва: Издательство Центра охраны дикой природы. С. 26–30.

REFERENCES

- Artyukhin Yu.B. 1997. Lanceolated grasshopper warbler *Locustella lanceolata* – a new species-educator of the oriental cuckoo *Cuculus saturates*. *Russkiy ornitologicheskii zhurnal (The Russian Journal of Ornithology)*. Express Issue № 14. P. 19–20 (in Russian).
- Artyukhin Yu.B. 1998a. Far Eastern Curlew in southeastern Kamchatka. In: *Problems of Resource Conservation of Little-Studied Rare Animals of the North. Materials for the Red Data Book*. Iss. 2. Moscow: Central Research Laboratory of Game Management, Ministry of Agriculture and Food of the Russian Federation. P. 194–196 (in Russian).
- Artyukhin Yu.B. 1998b. Aleutian tern in southeastern Kamchatka. In: *Problems of Resource Conservation of Little-Studied Rare Animals of the North. Materials for the Red Data Book*. Iss. 2. Moscow: Central Research Laboratory of Game Management, Ministry of Agriculture and Food of the Russian Federation. P. 196–198 (in Russian).
- Artyukhin Yu.B. 2000. Data on the nesting biology of birds of Kamchatka. In: *Biology and conservation of birds of Kamchatka*. Iss. 2. Moscow: Russian Academy of Agricultural Sciences. P. 26–29 (in Russian).
- Artyukhin Yu.B. 2024. On the impact of coastal salmon fishery on the Kittlitz's Murrelet *Brachyramphus brevirostris* population in the Russian Bering Sea. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 69. P. 39–56. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2024-69-39-56> (in Russian).
- Dukhova E.R. 2024. Nesting birds of the Paratunka River floodplain forest (South-eastern Kamchatka). *Proceedings of the XVII International conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters"*. Moscow: Biodiversity Conservation Center Publ. P. 48–50 (in Russian).
- Koblik E.A., Arkhipov V.Yu. 2014. Avifauna of the States of Northern Eurasia (former USSR). Species Lists. *Zoological Research*. № 14. Zoological Museum of Moscow State University. Moscow: KMK Scientific Press. 171 p. (in Russian).
- Lobkov E.G. 1986. Nesting birds of Kamchatka. Vladivostok: Far East Science Center, Academy of Sciences of the USSR. 304 p. (in Russian).
- Lobkov E. G. 2003. Birds of Kamchatka (geography, ecology, conservation strategy). *Doctoral dissertation in the form of a scientific report for biological sciences*. Moscow: MPGU. 60 p. (in Russian).
- Lobkov E.G. 2016. Ornithological complex of Lake Dalneye (Paratunka river basin, eastern Kamchatka). *Proceedings of the XVII International conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and coastal waters"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 278–283 (in Russian).
- Lobkov E.G., Gerasimov Yu.N., Mosalov A.A. et al. 2021. Birds of Kamchatka and the

Commander Islands. A field guide. Moscow: Pero Publ. 422 p. (in Russian).
Pisareva M.V., Dukhova E.R., Gerasimov Yu.N. 2022. Birds of the Paratunka

River basin. In: Biology and conservation of birds from Kamchatka. Iss. 14. Moscow: Biodiversity Conservation Center Publ. P. 30–26 (in Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Лобков Евгений Георгиевич – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук; профессор кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры; lobkov48@mail.ru. SPIN-код: 2533-6452, Author ID: 396361; Scopus ID: 6506556409; ORCID: 0009-0009-5799-3983.

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; ORCID: 0009-0009-5799-3983.

Статья поступила в редакцию 27.02.2026; одобрена после рецензирования 08.04.2026; статья принята к публикации 28.09.2026.

The article was submitted 27.02.2026; approved after reviewing 08.04.2026; accepted for publication 28.09.2026.

Для цитирования: Лобков Е.Г. 2026. Ревизия фауны птиц Паратунской санаторно-курортной зоны (Юго-Восточная Камчатка). *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 77. С. 48–69. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2026-77-48-69>.

For citation: Lobkov E.G. 2026. Revision of the bird fauna from Paratunka sanatorium and resort zone (South-Eastern Kamchatka). *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 77. P. 48–69 (in Russian). <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2026-77-48-69>.

Научная статья

УДК 582.272.462(265.5)

DOI: 10.17217/2079-0333-2026-77-70-89

**ЛАМИНАРИЕВЫЕ ВОДОРΟΣЛИ МОРЕЙ РОССИЙСКОГО ДАЛЬНОГО ВОСТОКА:
АКТУАЛИЗАЦИЯ СПИСКА ВИДОВ
В СООТВЕТСТВИИ С СОВРЕМЕННЫМИ ДАННЫМИ**

Клочкова Н.Г.¹, Клочкова Т.А.^{2✉}, Васильев М.В.²

¹ Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, 6.

² Камчатский государственный технический университет, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35.

Молекулярно-филогенетические исследования ламинариевых водорослей российского Дальнего Востока, проведенные в последние десятилетия, существенно изменили представления об их таксономии. Это обуславливает необходимость критического обобщения разрозненных научных публикаций и актуализации систематического списка видов данной группы. Пересмотренный перечень ламинариевых включает 37 видов, входящих в 19 родов и 4 семейства. В комментариях к видам, изменившим свое таксономическое положение или название, указаны причины этих изменений и первоисточники, в которых они были впервые предложены. В данном исследовании также приведены четыре новые номенклатурные комбинации.

Ключевые слова: молекулярная филогения, ревизия, список видов, таксономия, Дальний Восток, Laminariales.

Original article

**LAMINARIACEAN ALGAE FROM RUSSIAN FAR EASTERS SEAS:
UPDATING THE CHECKLIST OF SPECIES IN ACCORDANCE WITH MODERN DATA**

Klochkova N.G.¹, Klochkova T.A.^{2✉}, Vasilev M.V.²

¹ Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Partizanskaya Str. 6.

² Kamchatka State Technical University, Petropavlovsk-Kamchatsky, Klyuchevskaya Str. 35.

In recent decades, molecular-phylogenetic studies on kelp species from the order Laminariales from Russian Far East have changed our understanding of their taxonomy significantly. A critical review of disparate scientific publications is required in order to update the taxonomic list of species in this group. Our revised checklist of laminariacean algae includes 37 species, attributed to 19 genera and 4 families. Comments on individual species explain the taxonomic changes and also provide original reference in which they were proposed. We also proposed four new nomenclatural combinations.

Key words: molecular phylogeny, revision, species list, taxonomy, Far East, Laminariales.

✉ Автор, ответственный за корреспонденцию/Corresponding author: tatyana_algae@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Развитие методов молекулярной генетики привело к существенному пересмотру таксономии ламинариевых водорослей [Клочкова Т. и др., 2025]. Особой вехой в его изучении стала публикация канадских ученых [Lane et al., 2006], основанная на результатах филогенетического анализа 21 рода и 27 видов ламинариевых. Она во многом изменила взгляд на состав их родов и семейств. Образцы из российского Дальнего Востока (РДВ) к данному исследованию не привлекались. Тем не менее пересмотр систематического положения таксонов, входящих в его альгофлору, привел к тому, что имевшийся к тому времени список ламинариевых этого региона стал неактуальным. В обновленном виде, приведенный в соответствие с произошедшими номенклатурными изменениями [Lane et al., 2006], он был представлен О.Н. Селивановой с соавторами [Selivanova et al., 2007]. В связи с переводом ряда видов *Laminaria* в род *Saccharina* [Lane et al., 2006] к их формам были даны новые номенклатурные комбинации.

Дальнейшее развитие генотипической систематики ламинариевых РДВ затронуло представителей узкоареальных монотипических родов *Pseudolessonia* [Cho et al., 2006], *Tauya* [Klochko T. et al., 2017] и политипических родов *Agarum* и *Thalassiophyllum* [Boo, Yoon, 2000; Boo et al., 2011; Kawai et al., 2017; Klochkova T. et al., 2021; Клочкова Н. и др., 2022], *Alaria* [Климова и др., 2018], *Saccharina* [Yotsukura et al., 2008; Balakirev et al., 2012; Клочкова Н., Кусиди, 2022], *Laminaria* [Yotsukura, Druehl, 2009; Klochkova T. et al., 2010; Клочкова Т. и др., 2022; Klimova et al., 2023]. В результате были получены данные, вновь изменившие представления об родовой и семейственной принадлежности,

внутриродовой и внутривидовой дифференциации ламинариевых, вызвавшие необходимость повторного критического обобщения накопленных с 2007 г. данных и обновления списка их видов в морях РДВ.

Целью настоящей работы является актуализация списка видов ламинариевых РДВ в соответствии с современными данными.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обновленный перечень ламинариевых РДВ в настоящей статье представлен в виде таблицы, которая кроме собственного списка включает списки из статей-ревизий [Петров, 1975; Selivanova et al., 2007]. Их последовательное сравнение позволяет проследить эволюцию взглядов на таксономию порядка Laminariales и вклад в нее генотипической систематики. Все случаи несоответствия указанных нами родовых имен, видовых эпитетов или названий форм с таковыми в указанных выше работах и включение в него новых таксонов отмечены звездочками:

* – виды с измененным родовым именем и/или видовым эпитетом,

** – изменение авторства или валидности внутривидовых таксонов.

Краткие комментарии к отмеченным случаям приведены после таблицы и пронумерованы. Номера комментариев совпадают с номерами видов в представленном в таблице актуализированном списке. В них указаны причины номенклатурных изменений и даны ссылки на основополагающие публикации.

Случаи исключения из него невалидных или сомнительных видов, ранее указывавшихся в научных работах [Петров, 1975; Selivanova et al., 2007], и комментарии к ним, пронумерованы римскими цифрами с тремя звездочками I***–XI***.

Методика выделения ДНК из образцов ламинариевых и построения молекулярно-филогенетических деревьев описаны в наших ранних работах [Klochko T. et al., 2017; Клочкова Т. и др., 2019, 2025]. Регистрационные номера сиквенсов в NCBI для ламинариевых РДВ указаны в статье [Клочкова Т. и др., 2025].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Представление об уровне молекулярно-филогенетической изученности этой группы в дальневосточных морях России дает наша недавно вышедшая публикация [Клочкова Т. и др., 2025], обобщившая все имеющиеся в базе данных NCBI [NCBI, 2026] сведения о нуклеотидных последовательностях для 12 родов, 22 видов и ряда таксономически валидных подвидов и форм видов из этого региона. Они представлены в процитированной работе в виде таблицы, в которой указаны видовая принадлежность ваучерных образцов, место их сбора, исследователи, регистрационные номера сиквенсов в NCBI, ссылки на первичные научные публикации (при их наличии) и другая информация. В своей работе мы использовали три маркера, наиболее распространенных в молекулярно-генетических исследованиях ламинариевых, – COI, *rbcL*, rRNA/ITS.

Молекулярно-филогенетический анализ полученных нами данных и критическое изучение литературных источников, касающихся видов, распространенных в морях РДВ, определяют необходимость оформления нескольких новых номенклатурных комбинаций.

1. *Agarum pertusum* subsp. *yakishiriense* (Y. Yamada ex Boo et Silva) N. Klochkova et T. Klochkova comb. nov.

Базионим: *Agarum yakishiriense* Y. Yamada, 1962; *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica*. Vol. 20. P. 279. Fig. 3.

Синонимы: *Agarum cribrosum* f. *yakishiriense* (Y. Yamada) I. Yamada, 1974; *Agarum clathratum* subsp. *yakishiriense* Y. Yamada ex Boo et Silva, 2011 [Boo et al., 2011].

Подвид (subsp.) *yakishiriense* Y. Yamada ex Boo et Silva был выделен в ранге подвида для вида *Agarum clathratum* в статье [Boo et al., 2011]. Последующая замена видового эпитета «*clathratum*» на «*pertusum*» [Клочкова Н. и др., 2022], выполненная в соответствии с Международным кодексом номенклатуры водорослей, грибов и растений, требует соответствующих номенклатурных изменений.

2. *Saccharina fibrosa* (Nagai) T. Klochkova et N. Klochkova comb. nov.

Базионим: *Cymathaere fibrosa* Nagai в Nagai, 1933; *Proceedings of the Imperial Academy of Japan, Tokyo*. Vol. 9. P. 531. Fig. 1.

Проведенный нами молекулярно-филогенетический анализ образцов *Cymathaere fibrosa*, собранных у о. Уруп [Клочкова Т. и др., 2025], показал, что этот вид не принадлежит к роду *Cymathaere*, типовым видом которого является *Cymathaere triplicata* (Postels et Ruprecht) J. Agardh. Так, мы выполнили сравнение разных нуклеотидных последовательностей для родов и видов ламинариевых из NCBI, и во всех комбинациях при разном подборе видов на получившихся деревьях *C. fibrosa* располагалась обособленно от *C. triplicata* и других известных представителей рода *Laminaria*. Два этих вида – *C. fibrosa* и *C. triplicata*, – никогда не группируются в единую или хотя бы близкие по своему положению клады (рис. 1 и 2). Величина различий между видами *C. fibrosa* и *C. triplicata* в сравниваемом участке COI составила 10,27%, что является родовой разницей. При этом величина различий в сравниваемом участке COI между видами *C. fibrosa* и *Saccharina latissima* (Linnaeus) Lane, Mayes, Druehl et Saunders – типовым видом

рода *Saccharina* – составила 5,3%. Поэтому в настоящий момент мы относим вид *C. fibrosa* к роду *Saccharina*.

3. *Pseudolaminaria inclinatorhiza* (Petrov et Vozzhinskaja) T. Klochkova et N. Klochkova comb. nov.

Базионим: *Laminaria inclinatorhiza* Petrov et Vozzhinskaja, 1970; *Новости систематики низших растений*. Т. 7. С. 84. Рис. 2.

Генетическая дистанция по участку COI между *L. inclinatorhiza* и *Laminaria appressirhiza* Petrov et Vozzhinskaja составила 8,6%, что соответствует межродовому уровню дифференциации. При этом *L. appressirhiza* сгруппировался в одну кладу

с *Laminaria digitata* (Hudson) Lamouroux – типовым видом рода *Laminaria*. Различия по участку COI между ними составляют 5,17%, тогда как между *L. inclinatorhiza* и *L. digitata* они достигают 8,3%, что также указывает на родовую обособленность. Типовой вид рода *Saccharina* (*S. latissima*) филогенетически крайне далек от *L. inclinatorhiza*. Поскольку *L. inclinatorhiza* занимает изолированное положение и не группируется с другими представителями ламинариевых, мы считаем обоснованным его выделение в самостоятельный монотипический род (рис. 2 и 3). Далее приведено его описание.

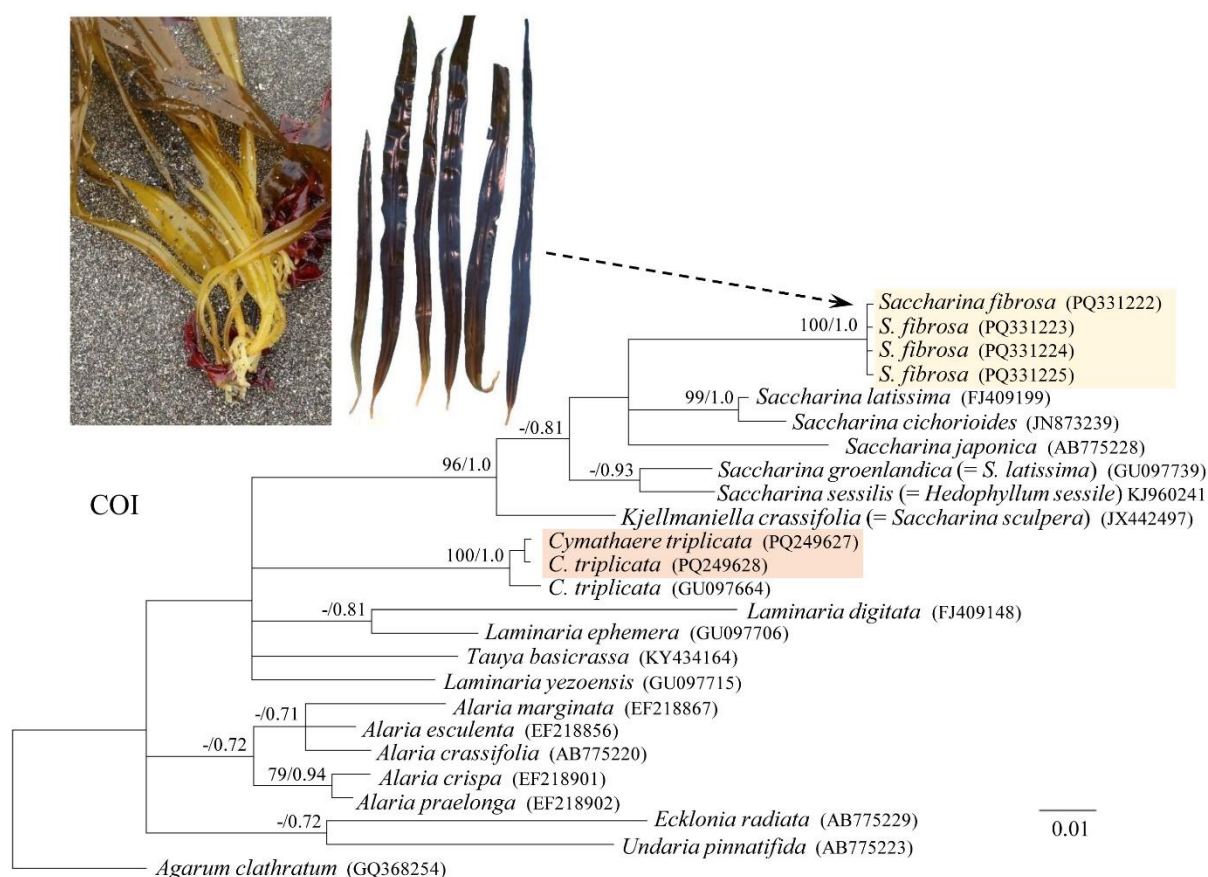


Рис. 1. Филогенетическое дерево представителей ламинариевых по COI. Значения напротив ветвей дерева – статистический бутстрэп/апостериорная вероятность сходства (Учитывались только значения выше 75. В случаях, когда статистический бутстрэп был ниже 75, ставился прочерк «-»). Исследованные нами образцы отмечены заливкой фона. Приводятся фотографии вида *Saccharina fibrosa*

Fig. 1. Phylogenetic tree of representatives from the kelp species based on COI analysis. Consensus support (%) and posterior probabilities are shown (only the values above 75 were included. Dashes “-” present consensus support values below 75). Our studied specimens are highlighted. Photographs of *Saccharina fibrosa* are presented

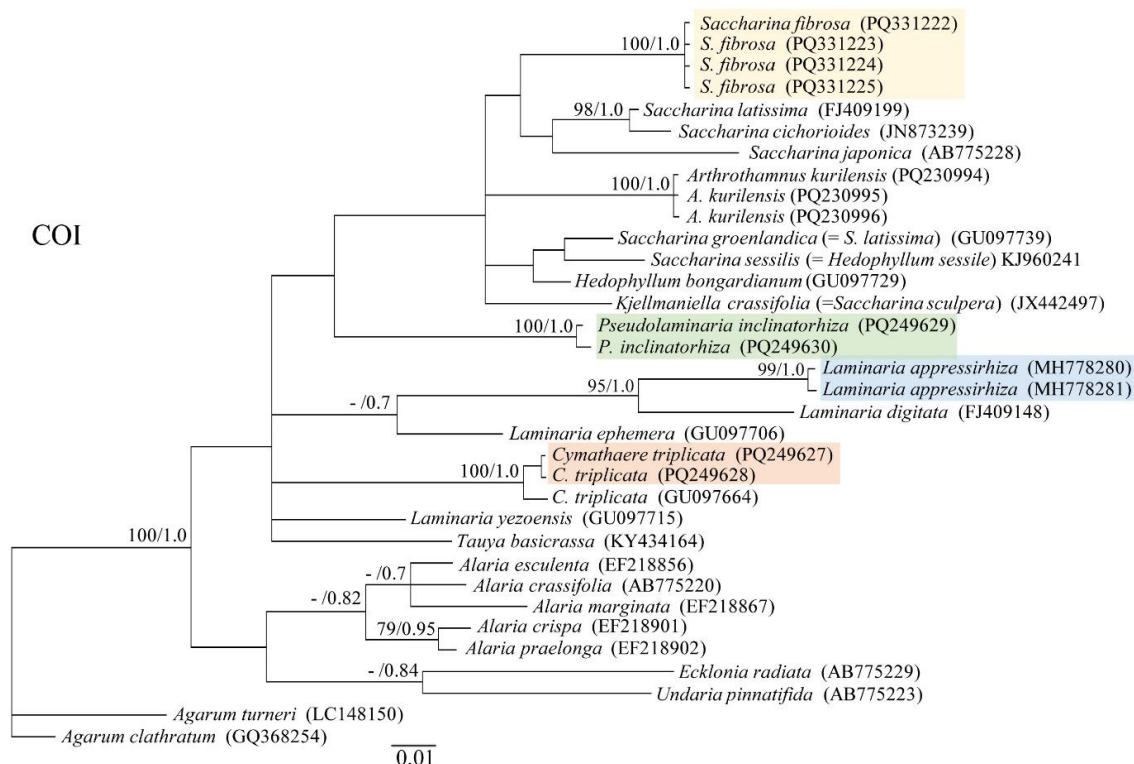


Рис. 2. Филогенетическое дерево представителей ламинариевых по COI. Значения напротив ветвей дерева – статистический бутстрэп/апостериорная вероятность сходства (Учитывались только значения выше 75. В случаях, когда статистический бутстрэп был ниже 75, ставился прочерк «-»). Исследованные нами образцы отмечены заливкой фона

Fig. 2. Phylogenetic tree of representatives from the kelp species based on COI analysis. Consensus support (%) and posterior probabilities are shown (only the values above 75 were included. Dashes “-” present consensus support values below 75). Our studied specimens are highlighted



Рис. 3. Морфология вида *Pseudolaminaria inclinathoriza* из Охотского моря. 1 – сухие отломившиеся пучки ризоидов. 2–4 – растения разных лет жизни на разном увеличении

Fig. 3. Morphology of the species *Pseudolaminaria inclinathoriza* from the Sea of Okhotsk. 1 – dry broken-off bundles of rhizoids. 2–4 – plants of different ages photographed at different magnifications

Род *Pseudolaminaria* T. Klochkova et N. Klochkova. gen. nov.

Диагноз: слоевище состоит из пластины, черешка и ризоидов. Пластина округлая, широкоовальная, до 1–1,25 м в поперечнике. Ее высота часто меньше ширины. В зрелом состоянии в условиях слабого волнения ее основание имеет форму более или менее вогнутого чепчика. Старые пластины разрываются на широкие лопасти. Черешок жесткий, прутovidный, 7–40(70) см высоты и 1–1,3 толщины. Ризоиды непостоянного среди ламинариевых строения: толстые, до 6 мм в поперечнике, собраны в четкие ярусы, формируют мощный конус. Их первое дихотомическое ветвление появляется при достижении ризоидальным отростком значительной длины, иногда 5 и более см. Новый ярус ризоидов появляется от светло-фиолетовых бугорков, окружающих основание черешка. Сорусы спорангиев развиваются в основании пластины, закладываются одновременно с обеих сторон пластины, их очертания совпадают.

Настоящий монотипический род включает единственный вид, известный ранее как *Laminaria inclinathoriza* Petrov et Vozzhinskaja. В связи с переводом его в новый род ниже предлагается новая номенклатурная комбинация:

Laminaria inclinathoriza Petrov et Vozzhinskaja = *Pseudolaminaria inclinathoriza* (Petrov et Vozzhinskaja) T. Klochkova et N. Klochkova

Diagnosis: thallus consists of a blade, stipe, and rhizoids. The blade is rounded, broadly oval, up to 1–1.25 m in width. The blade's height is often less than its width. Under conditions of weak waving, the basal part of mature blades becomes more or less concave in shape resembling cap. Old blades split into wide lobes. The stipe is rigid, rod-shaped, 7–40(70) cm high and 1–1.3 cm thick. Rhizoids are unique among the laminariacean

algae; they are thick, up to 6 mm in diameter, gathered in distinct tiers, forming a heavy cone. Their first dichotomous branching appears when the rhizoidal outgrowth reaches a significant length, sometimes 5 cm or more. A new tier of rhizoids develops from light purple tubercles surrounding the stipe's base. Sporangial sori develop at the base of the blade, developing simultaneously on both sides of the blade, and their outlines are overlapping.

This monotypic genus includes a single species, previously known as *Laminaria inclinathoriza* Petrov et Vozzhinskaja. Due to its transfer to a new genus, a new nomenclatural combination is proposed below:

Laminaria inclinathoriza Petrov et Vozzhinskaja = *Pseudolaminaria inclinathoriza* (Petrov et Vozzhinskaja) T. Klochkova et N. Klochkova

4. *Hedophyllum bongardianum* (Postels et Ruprecht) Yendo f. *taeniata* (Postels et Ruprecht) T. Klochkova et N. Klochkova comb. nov.

Базионим: *Saccharina bongardiana* f. *taeniata* (Postels et Ruprecht) Selivanova, Zhigadlova et Hansen, 2007; *Russian Journal of Marine Biology*. Vol. 33. № 5. P. 283.

Пластина *Laminaria taeniata* Postels et Ruprecht, изображенная в монографии А.Ф. Постельса и Ф.И. Рупрехта [Postels, Ruprecht, 1840, табл. XXXVIII, f], в верхней трети рассечена на две лопасти. Такую морфологию имеет описанная ими же *Laminaria bongardiana* Postels et Ruprecht, растущая в условиях постоянного движения длинных волн. Исходя из этого, Ю.Е. Петров [Петров, 1972] предложил считать вид *L. taeniata* ее экологической формой. После перевода *L. bongardiana* в род *Saccharina* [Lane et al., 2006] для ее формы f. *taeniata* была предложена номенклатурная комбинация [Selivanova et al., 2007]. Включение *S. bongardiana* в род *Hedophyllum* [Starko et al., 2019] требует оче-

редного изменения авторства у обсуждаемой формы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обновленный список дальневосточных ламинариевых в настоящее время включает 37 видов, входящих в 19 родов и 4 семейства. При этом политипические роды *Agarum*, *Hedophyllum*, *Saccharina*, *Laminaria* и *Alaria* составляют более половины общего списка ламинариевых водорослей РДВ. 13 родов являются монотипическими. Несмотря на значительный объем исследований, ревизию этого порядка в морях российского Дальнего Востока нельзя считать завершенной. Для уточнения объема и таксономического положения целого ряда видов, особенно узкоареальных, необходимо продолжение молекулярно-филогенетических исследований.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ВКЛАД АВТОРОВ

Клочкова Н.Г. – сбор и анализ литературных данных и данных по ламинариевым РДВ, написание статьи. Клочкова Т.А. – выделение ДНК, проведение ПЦР, молекулярно-филогенетический анализ, регистрация новых данных в NCBI, написание статьи. Васильев М.В. – научно-техническое сопровождение исследования, написание статьи.

Авторы прочитали и согласны с представленным вариантом рукописи.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Данная работа выполнена по теме гранта РНФ «Разработка технологии из-

влечения биостимуляторов роста растений из камчатских морских водорослей. Аprobация их росто- и иммунопротекторного воздействия на выращиваемые на Камчатке тепличные культуры» (№ 25-26-20128; eLIBRARY ID: 80590890, EDN: DASANC) и частично по госзаданию Росрыболовства (Пер. № ЕГИСУ НИОКТР: 126021617369-2).

ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

- Климова А.В., Клочкова Т.А., Клочкова Н.Г. 2018. Внутривидовые формы *Alaria esculenta* (Laminariales, Ochrophyta) во флоре морских водорослей восточной Камчатки: первая ревизия. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 43. С. 74–86. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2018-43-74-86>.
- Klimova A.V., Klochkova T.A., Klochkova N.G. 2018. *Infraspecies forms of Alaria esculenta (Laminariales, Ochrophyta) in the marine flora of Eastern Kamchatka: First revision*. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 43. P. 74–86. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2018-43-74-86> (in Russian).
- Клочкова Н.Г., Климова А.В., Клочкова Т.А. 2020а. Ламинариевые водоросли Западной Камчатки. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 53. С. 37–53. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2020-53-37-53>.
- Klochkova N.G., Klimova A.V., Klochkova T.A. 2020a. *Laminariacean algae of Western Kamchatka*. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 53. P. 37–53.

- <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2020-53-37-53> (in Russian).
- Клочкова Н.Г., Клочкова Т.А., Климова А.В. 2020б. Морские бентосные водоросли Командорских островов (Ревизия 2020). I. Chlorophyta and Ochrophyta. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 54. С. 82–107. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2020-54-82-107>.
- Klochkova N.G., Klochkova T.A., Klimova A.V. 2020б. Marine benthic algae of the Commander Islands (Revision 2020). I. Chlorophyta and Ochrophyta. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 54. P. 82–107. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2020-54-82-107> (in Russian).
- Клочкова Н.Г., Климова А.В., Клочкова Т.А. 2022. Лектотипификация названий таксонов *Agarum* (Laminariales, Phaeophyceae), описанных А.Ф. Постельсом и Ф.И. Рупрехтом. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 62. С. 36–48. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2022-62-36-48>.
- Klochkova N.G., Klimova A.V., Klochkova T.A. 2022. Lectotypification of the names of *Agarum* taxa (Laminariales, Phaeophyceae) described by A.F. Postels and F.I. Ruprecht. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 62. P. 36–48. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2022-62-36-48> (in Russian).
- Клочкова Н.Г., Кусиди А.Э. 2022. Параллелизм формообразования у некоторых представителей рода *Hedophyllum* (Ochrophyta, Laminariales) и упразднение у *H. bongardianum* формы вида *bifurcata*. *Материалы XXIII междуна-*
- родной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 157–161. https://doi.org/10.53657/9785961004229_157.
- Klochkova N.G., Kushidi A.E. 2022. Parallelism of morphogenesis in some representatives of the genus *Hedophyllum* (Ochrophyta, Laminariales) and the abolition of the form of the species *bifurcata* in *H. bongardianum*. *Materialy XXIII mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii “Sokhraneniye bioraznoobraziya Kamchatki i prilegayushchikh morey” (Proceedings of the XXIII International Scientific Conference “Conservation of biodiversity of Kamchatka and adjacent seas”)*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress. P. 157–161. https://doi.org/10.53657/9785961004229_157 (in Russian).
- Клочкова Т.А., Климова А.В., Клочкова Н.Г. 2019. Распространение *Alaria esculenta* (Phaeophyceae, Laminariales) в Охотском море. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 50. С. 46–56. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2019-50-46-56>.
- Klochkova T.A., Klimova A.V., Klochkova N.G. 2019. Distribution of *Alaria esculenta* (Phaeophyceae, Laminariales) in the Sea of Okhotsk. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 50. P. 46–56. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2019-50-46-56> (in Russian).
- Клочкова Т.А., Климова А.В., Ким Г.Х. и др. 2022. *Saccharina latissima* (Ochrophyta, Laminariales) в прикамчатских водах: экологические особенности, распространение и молекулярная филогения. *Ботанический журнал*. Вып. 107. № 9. С. 906–916. <https://doi.org/10.31857/S000681362209006X>.

- Klochko T.A., Klimova A.V., Kim G.H. et al. 2022. *Saccharina latissima* (Ochrophyta, Laminariales) in Kamchatka waters: ecological features, distribution and molecular phylogeny. *Botanicheskiy zhurnal* (Botanical Journal). Iss. 107. № 9. P. 906–916 (in Russian).
- Клочкова Т.А., Васильев М.В., Клочкова Н.Г. 2025. Ламинариевые водоросли морей Российского Дальнего Востока: ревизия молекулярно-генетической информации (по данным из NCBI). *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 74. С. 44–72. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2025-74-44-72>.
- Klochko T.A., Vasilev M.V., Klochko N.G. 2025. Laminariacean algae from Russian Far Eastern seas: revision of molecular-genetic data (from NCBI database). *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta* (Bulletin of Kamchatka State Technical University). Iss. 74. P. 44–72. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2025-74-44-72> (in Russian).
- Петров Ю.Е. 1972. Систематика некоторых дальневосточных видов рода *Laminaria* Lamour. *Новости систематики низших растений*. Т. 9. С. 47–58.
- Petrov Yu.E. 1972. Systematics of some Far Eastern species of the genus *Laminaria* Lamour. (De systemate specierum nonnullarum *Laminaria* Lamour. ex oriente extremo). *Novosti sistematiki nizshikh rastenii* (Novitates Systematicae Plantarum non Vascularium). Vol. 9. P. 47–58 (in Russian).
- Петров Ю.Е. 1973. Род *Alaria* Grev. в морях СССР. *Новости систематики низших растений*. Т. 10. С. 49–59.
- Petrov Yu.E. 1973. Genus *Alaria* Grev. in the seas of the USSR (Genus *Alaria* Grev. in maribus URSS). *Novosti sistematiki nizshikh rastenii* (Novitates Systematicae Plantarum non Vascularium). Vol. 10. P. 49–59 (in Russian).
- Петров Ю.Е. 1975. Ламинариевые и фукусковые водоросли морей СССР. *Аннотированный список диссертаций ... доктора биол. наук*. Ленинград. 53 с.
- Petrov Yu.E. 1975. Laminariacean and Fuclean seaweeds from the USSR. Abstract of the doctoral dissertation for biological sciences. Leningrad. 53 p. (in Russian).
- Петров Ю.Е., Возжинская В.Б. 1970. Новые виды рода *Laminaria* из Охотского моря. *Новости систематики низших растений*. Т. 7. С. 81–87.
- Petrov Yu.E., Vozzhinskaja V.B. 1970. New species from genus *Laminaria* from the Sea of Okhotsk (Species novae generis *Laminaria* e mari Ochotensi). *Novosti sistematiki nizshikh rastenii* (Novitates Systematicae Plantarum non Vascularium). Vol. 7. P. 81–87 (in Russian).
- Петров Ю.Е., Гусарова И.С. 1970. Новый вид и род ламинариевых водорослей с Курильских островов. *Новости систематики низших растений*. Т. 7. С. 87–90.
- Petrov Yu.E., Gussarova I.S. 1970. A new species and genus of kelp algae from the Kuril Islands (Genus novum et species nova Laminariacearum ex Insulis Kurilensibus). *Novosti sistematiki nizshikh rastenii* (Novitates Systematicae Plantarum non Vascularium). Vol. 7. P. 87–90 (in Russian).
- Петров Ю.Е., Суховеева М.В. 1972. *Laminaria angustata* Kjellm. у берегов Приморского края. *Новости систематики низших растений*. Т. 9. С. 44–47.
- Petrov Yu.E., Suchovejeva M.V. 1972. *Laminaria angustata* Kjellm. from Primorsky region (*Laminaria angustata* Kjellm. ad oras provinciae Primorskensis inventa). *Novosti sistematiki nizshikh*

- rastanii (Novitates Systematicae Plantarum non Vascularium). Vol. 9. P. 44–47 (in Russian).*
- Петров Ю.Е., Суховеева М.В. 1976. *Laminaria multiplicata* sp. nov. из Охотского моря. *Новости систематики низших растений*. Т. 13. С. 51–53.
- Petrov Yu.E., Suchovejeva M.V. 1976. *Laminaria multiplicata* sp. nov. from the Sea of Okhotsk (*Laminaria multiplicata* sp. nov. in mari Ochotensi inventa). *Novosti sistematiki nizshikh rastenii (Novitates Systematicae Plantarum non Vascularium). Vol. 13. P. 51–53 (in Russian).*
- Селиванова О.Н. 2010. К систематике ряда ламинариевых водорослей (Laminariales, Phaeophyceae) из российской акватории Тихого океана. *Известия ТИНРО*. Т. 163. С. 228–236.
- Selivanova O.N. 2010. On the systematics of a number of kelp algae (Laminariales, Phaeophyceae) from the Russian Pacific Ocean. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 163. P. 228–236 (in Russian).
- Зинова А.Д. 1964. Новый вид *Laminaria* у берегов Сахалина. *Новости систематики низших растений*. Т. 1. С. 125–126.
- Zinova A.D. 1964. A new species of *Laminaria* off the coast of Sakhalin (*Species nova Laminariae apud oras insulae Sachalin*). *Novosti sistematiki nizshikh rastenii (Novitates Systematicae Plantarum non Vascularium). Vol. 1. P. 125–126 (in Russian).*
- Areschoug J.E. 1884. Observaciones phycologicae. Particula quinta. De Laminariaceis nonnullis (continuatio). *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis Series 3*. Vol. 12. № 11. P. 1–16 (in Latin).
- Balakirev E.S., Ayala F.J., Krupnova T.N. 2012. DNA variation in the phenotypically-diverse brown alga *Saccharina japonica*. *BMC Plant Biology*. Vol. 12. P. 2–14.
- Boo G.H., Lindstrom S.C., Klochkova N.G. et al. 2011. Taxonomy and biogeography of *Agarum* and *Thalassiophyllum* (Laminariales, Phaeophyceae) based on sequences of nuclear, mitochondrial, and plastid markers. *Taxon*. Vol. 60. P. 831–840.
- Boo S.M., Yoon H.S. 2000. Molecular relationship of giant kelp (Phaeophyceae). *Algae*. Vol. 15. № 1. P. 13–16.
- Cho G.Y., Klochkova N.G., Krupnova T.N. et al. 2006. The reclassification of *Lessonia laminarioides* (Laminariaceae, Phaeophyta): *Pseudolessonia* gen. nov. *Phycology*. Vol. 42. № 6. P. 1286–1299.
- Gabrielson P.W., Lindstrom S.C., O’Kelly C.J. 2012. Keys to the seaweeds and seagrasses of Southeast Alaska, British Columbia, Washington, and Oregon. *North Carolina: Hillsborough. Phycological Contribution*. 8. University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada. 192 p.
- Gabrielson P.W., Widdowson T.B., Lindstrom S.C. 2006. Keys to the seaweeds and seagrasses of southeast Alaska, British Columbia, Washington and Oregon. *Phycological Contribution*. Vol. 7. University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada. 222 p.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2026. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org> (assessed: 29.06.2026).
- Kawai H., Hanyuda T., Gao X. et al. 2017. Taxonomic revision of the Agaraceae with a description of *Neoagarum* gen. nov. and reinstatement of *Thalassiophyllum*. *Journal of Phycology*. Vol. 53. № 2. P. 261–270.
- Klimova A.V., Klochkova N.G., Klochkova T.A. et al. 2018. Morphological and molecular identification of *Alaria para-*

- disea* (Phaeophyceae, Laminariales) from the Kurile Islands. *Algae*. Vol. 3. № 1. P. 37–48.
- Klimova A.V., Klochkova T.A., Klochkova N.G. 2023. Taxonomic revision of kelp species with rhizome-like holdfast, *Laminaria longipes* Bory and *Laminaria repens* Ruprecht, from Russian Far Eastern seas. *Botanica Pacifica*. Vol. 12. № 1. P. 151–163.
- Klochkova N.G., Klochkova T.A. 2010. *Cos-tulariella*, a new substitute name for *Costularia* Yu. Petrov et I. Gussarova (Laminariales, Phaeophyta). *Algae*. Vol. 25. № 4. P. 183–185.
- Klochkova N.G., Klochkova T.A. 2025. Checklist of marine algal floras from Paramushir and Shumshu (Northern Kuril Islands). *Acta Sibirica Botanica*. P. 1431–1439, plus Supplement.
- Klochkova T.A., Kim G.H., Lee K.M. et al. 2010. Brown algae (Phaeophyceae) from Russian Far Eastern seas: re-evaluation of *Laminaria multiplicata* Petrov et Suchovejeva. *Algae*. Vol. 25. № 2. P. 77–87.
- Klochkova T.A., Klimova A.V., Yotsukura N. et al. 2021. A revision of the genus *Agarum* (Laminariales, Phaeophyceae) from the Far Eastern seas with a description of *Agarum undulatum* sp. nov. from the Kuril Islands. *Russian Journal of Marine Biology*. Vol. 47. № 5. P. 364–372.
- Klochkova T.A., Klochkova N.G., Yotsukura N. et al. 2017. Morphological, molecular, and chromosomal identification of dwarf haploid parthenosporophytes of *Tauya basicrassa* (Phaeophyceae, Laminariales) from the sea of Okhotsk. *Algae*. Vol. 32. № 1. P. 15–28.
- Lane C.E., Lindstrom S.C., Saunders G.W. 2007. A molecular assessment of north-east Pacific *Alaria* species (Laminariales, Phaeophyceae) with reference to the utility of DNA barcoding. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Vol. 44. P. 634–648.
- Lane C.E., Mayes C., Druehl L.D. et al. 2006. A multi-gene molecular investigation of the kelp (Laminariales, Phaeophyceae) supports substantial taxonomic re-organization. *Journal of Phycology*. Vol. 42. P. 493–512.
- Miyabe K. 1902. On the Laminariaceae of Hokkaido. *Journal of the Sapporo Agricultural College*. Vol. 1. P. 1–50.
- Nagai M. 1933. On a new species of *Cymathaere* from the Kurile Islands. *Proceedings of the Imperial Academy of Japan, Tokyo*. Vol. 9. P. 531–534.
- National Center for Biotechnology Information (NCBI). 2026. GenBank. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov> (assessed: 29.06.2026).
- Postels A.F., Ruprecht F.J. 1840. Illustrationes algarum in itinere circum orbem jussu imperatoris Nicolai I. Atque auspiciis navarchi Friderici Lütke annis 1826, 1827, 1828 et 1829 celoce Seniavin exsecuto in Oceano pacifico, inprimis septentrionale ad littora rossica asiatico-americana collectarum. Petropoli [St. Petersburg]: Typis Eduardi Pratz. P. [i-vi], [i]-iv, 1-28 [1-2, index], [Latin:] [-iv], [1]-22, [1-2, index]. 40 plates.
- Ruprecht F.J. 1850. *Algae Ochotenses: Die ersten sicheren Nachrichten uuber die Tange des Ochotskischen Meeres*. St. Petersburg. 243 p.
- Selivanova O.N., Zhigadlova G.G., Hansen G.I. 2007. Revision of the systematics of algae in the order Laminariales (Phaeophyta) from the far-eastern seas of Russia on the basis of molecular-phylogenetic data. *Russian Journal of Marine Biology*. Vol. 33. № 5. P. 278–289.
- Silberfeld T., Rousseau F., Reviere B. 2014. An updated classification of brown algae (Ochrophyta, Phaeophyceae). *Cryptogamie Algologie*. Vol. 35. № 2. P. 117–156.

- Starko S., Soto Gomez M., Darby H. et al. 2019. A comprehensive kelp phylogeny sheds light on the evolution of an ecosystem. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Vol. 140. P. 138–150.
- Widdowson T.B. 1972. A taxonomic revision of the genus *Alaria* Greville. *Syesis*. Vol. 4. P. 11–49.
- Wynne M.J. 2009. Marine algae and early explorations in the upper North Pacific and Bering Sea. *Algae*. Vol. 24. P. 1–29.
- Yotsukura N., Druehl L.D. 2009. A new name for *Laminaria sachalinensis* (Laminariales, Phaeophyceae). *Journal of Japanese Botany*. Vol. 84. № 2. P. 113–117.
- Yotsukura N., Kawashima S., Kawai T. et al. 2008. A systematic re-examination of four *Laminaria* species: *L. japonica*, *L. religiosa*, *L. ochotensis* and *L. diabolica*. *Journal of Japanese Botany*. Vol. 83. № 3. P. 165–176.
- Yamada I. 1974. Local variation in *Agarum cribrosum* Bory (Phaeophyta) on the coasts of Hokkaido and adjacent regions. *Journal of the Faculty of Science. Hokkaido University*. Vol. 10. P. 32–47.
- Yamada Y. 1962. On the species of *Agarum*. *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica*. Vol. 20. P. 275–279.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Клочкова Нина Григорьевна – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории экологии растений; ninakl@mail.ru. SPIN-код: 4701-2618, Author ID: 344281; Scopus ID: 6602583957; ORCID: 0000-0003-3430-4056.

Klochkova Nina Grigorievna – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute of FEB RAS; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher of Plant Ecology Laboratory; ninakl@mail.ru. SPIN-code: 4701-2618, Author ID: 344281; Scopus ID: 6602583957; ORCID: 0000-0003-3430-4056.

Клочкова Татьяна Андреевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук, профессор кафедры «Экология и природопользование»; tatyana_algae@mail.ru. SPIN-код: 7534-7736, Author ID: 664379; Scopus ID: 12792241800; ORCID: 0000-0002-7584-1774.

Klochkova Tatyana Andreevna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences, Professor of Ecology and Nature Management Chair; tatyana_algae@mail.ru. SPIN-code: 7534-7736, Author ID: 664379; Scopus ID: 12792241800; ORCID: 0000-0002-7584-1774.

Васильев Максим Владимирович – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат технических наук, начальник Военного учебного центра; issledovatelmv@mail.ru. SPIN-код: 8832-3966, Author ID: 721967; ORCID: 0009-0009-5361-021X.

Vasilev Maksim Vladimirovich – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Technical Sciences, Head of Military Training Center; issledovatelmv@mail.ru. SPIN-code: 8832-3966, Author ID: 721967; ORCID: 0009-0009-5361-021X.

Статья поступила в редакцию 18.06.2026; одобрена после рецензирования 10.09.2026; статья принята к публикации 28.09.2026.

The article was submitted 18.06.2026; approved after reviewing 10.09.2026; accepted for publication 28.09.2026.

Для цитирования: Клочкова Н.Г., Клочкова Т.А., Васильев М.В. 2026. Ламинариевые водоросли морей российского Дальнего Востока: актуализация списка видов в соответствии с современными данными. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 77. С. 70–89. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2026-77-70-89>.

For citation: Klochkova N.G., Klochkova T.A., Vasilev M.V. 2026. Laminariacean algae from Russian far easters seas: updating the checklist of species in accordance with modern data. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 77. P. 70–89 (in Russian). <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2026-77-70-89>.

Таблица. Видовой состав альгофлоры порядка Laminariales в морях российского Дальнего Востока, приведенный в публикациях разных исследователей и настоящей статье

Table. Checklist of marine algal flora from the order Laminariales in the Russian Far Eastern seas cited in the publications of various researchers and in this paper

№	[Петров, 1975] [Petrov, 1975]	№	[Selivanova et al., 2007]	№	Пересмотренный современный список (настоящая статья) Revised modern list (present paper)
Семейство Laminariaceae					
1	<i>Agarum cribrosum</i> Bory	1	<i>Agarum clathratum</i> Dumortier	1	* <i>Agarum pertusum</i> (Mertens) Postels et Ruprecht emend. N. Klochkova, Klimova, T. Klochkova var. <i>brassiciforme</i> Postels et Ruprecht var. <i>platyneurum</i> Postels et Ruprecht ** <i>A. pertusum</i> subsp. <i>yakishiriense</i> (Yamada ex G.H. Boo et Silva) N. Klochkova, T. Klochkova
2	<i>Costaria costata</i> (Turner) Saunders	2	<i>Costaria costata</i> (Turner) Saunders	3	* <i>Agarum undulatum</i> N. Klochkova, Klimova, T. Klochkova et Yotsukura
3	<i>Thalassiophyllum clathrus</i> (Gmelin) Postels et Ruprecht	3	<i>Thalassiophyllum clathrus</i> (Gmelin) Postels et Ruprecht	4	<i>Costaria costata</i> (Turner) Saunders
4	<i>Costularia kurilensis</i> Petrov et Gussarova	4	<i>Costularia kurilensis</i> Petrov et Gussarova	5	* <i>Thalassiophyllum clathrus</i> (Gmelin) Postels et Ruprecht
Семейство Laminariaceae					
5	<i>Feditia simuschirensis</i> Petrov et Gussarova	5	<i>Feditia simuschirensis</i> Petrov et Gussarova	6	* <i>Costulariella kurilensis</i> (Petrov et Gussarova) N. Klochkova et T. Klochkova
6	<i>Kjellmaniella crassifolia</i> Miyabe	6	<i>Saccharina crassifolia</i> (Miyabe) Lane, Mayes, Druehl et Saunders	7	<i>Feditia simuschirensis</i> Petrov et Gussarova
7	<i>Kjellmaniella gyrata</i> (Kjellman) Miyabe	7	<i>Saccharina gyrata</i> (Kjellman) Lane, Mayes, Druehl et Saunders	8	* <i>Kjellmaniella crassifolia</i> Miyabe
8	<i>Cymathaere triplicata</i> (Postels et Ruprecht) J. Agardh	8	<i>Cymathaere triplicata</i> (Postels et Ruprecht) J. Agardh	9	<i>Saccharina gyrata</i> (Kjellman) Lane, Mayes, Druehl et Saunders
9	<i>Cymathaere fibrosa</i> Nagai	9	<i>Cymathaere fibrosa</i> Nagai	10	<i>Cymathaere triplicata</i> (Postels et Ruprecht) J. Agardh
10	<i>Cymathaere japonica</i> Miyabe et Nagai	10	<i>Saccharina kurilensis</i> (Miyabe et Nagai) Lane, Mayes, Druehl et Saunders	11	* <i>Saccharina fibrosa</i> (Nagai) T. Klochkova et N. Klochkova
				12	<i>Saccharina kurilensis</i> (Miyabe et Nagai) Lane, Mayes, Druehl et Saunders

Продолжение табл.

Continuation of the Table

№	[Петров, 1975] [Petrov, 1975]	№	[Selivanova et al., 2007]	№	Пересмотренный современный список (настоящая статья) Revised modern list (present paper)
11	<i>Laminaria angustata</i> Kjellman	11	<i>Saccharina angustata</i> (Kjellman) Lane, Mayes, Druehl et Saunders	13	<i>Saccharina angustata</i> (Kjellman) Lane, Mayes, Druehl et Saunders
	<i>L. angustata</i> subsp. <i>sibirica</i> Petrov et Suchoveeva		<i>S. angustata</i> subsp. <i>sibirica</i> (Petrov et Suchoveeva) Selivanova, Zhigadlova et Hansen		I***
12	<i>Laminaria inclinatorhiza</i> Petrov et Vozzhinskaja	12	<i>Laminaria inclinatorhiza</i> Petrov et Vozzhinskaja	14	* <i>Pseudolaminaria inclinatorhiza</i> (Petrov et Vozzhinskaja) T. Klochkova et N. Klochkova
13	<i>Laminaria appressirhiza</i> Petrov et Vozzhinskaja	13	<i>Laminaria appressirhiza</i> Petrov et Vozzhinskaja	15	* <i>Laminaria appressirhiza</i> Petrov et Vozzhinskaja
14	<i>Laminaria cichoriooides</i> Miyabe	14	<i>Saccharina cichoriooides</i> (Miyabe) Lane, Mayes, Druehl et Saunders	16	<i>Saccharina cichoriooides</i> (Miyabe) Lane, Mayes, Druehl et Saunders
	f. <i>coreacea</i> Miyabe		f. <i>coriacea</i> (Miyabe) Selivanova, Zhigadlova et Hansen		f. <i>coreacea</i> (Miyabe) Selivanova, Zhigadlova et Hansen
	f. <i>sinuicola</i> Petrov		f. <i>sinuicola</i> (Petrov emend. Selivanova) Selivanova, Zhigadlova et Hansen		**f. <i>sinuicola</i> (Petrov emend. Selivanova) Selivanova, Zhigadlova et Hansen
	f. <i>sikotanensis</i> (Miyabe et Nagai) Petrov		f. <i>sikotanensis</i> (Miyabe et Nagai) Selivanova, Zhigadlova et Hansen		II***
	f. <i>sachalinensis</i> (Miyabe) Petrov	17	f. <i>sachalinensis</i> (Miyabe) Selivanova, Zhigadlova et Hansen	17	* <i>Saccharina sachalinensis</i> (Miyabe) Yotsukura et Druehl
15	<i>Laminaria complanata</i> (Setchell et Gardner) Setchell				III***
16	<i>Laminaria groenlandica</i> Rosenving				IV***
17	<i>Laminaria gurjanovae</i> Zinova	15	<i>Saccharina gurjanovae</i> (Zinova) Selivanova, Zhigadlova et Hansen	18	* <i>Saccharina latissima</i> (Linneus) Lane, Mayes, Druehl et Saunders
	f. <i>gurjanovae</i>		f. <i>gurjanovae</i>		**f. <i>gurjanovae</i> (Zinova) T. Klochkova et N. Klochkova
	f. <i>lanciformis</i> Petrov		f. <i>lanciformis</i> (Petrov emend. Selivanova) Selivanova, Zhigadlova et Hansen		<i>Saccharina latissima</i> (Linneus) Lane, Mayes, Druehl et Saunders
		16	<i>Saccharina latissima</i> (Linneus) Lane, Mayes, Druehl et Saunders		<i>Saccharina latissima</i> (Linneus) Lane, Mayes, Druehl et Saunders

Продолжение табл.

Continuation of the Table

№	[Петров, 1975] [Petrov, 1975]	№	[Selivanova et al., 2007]	№	Пересмотренный современный список (настоящая статья) Revised modern list (present paper)
18	<i>Laminaria japonica</i> Areschoug	17	<i>Saccharina japonica</i> (Aresch.) Lane, Mayes, Druehl et Saunders	19	* <i>Saccharina japonica</i> (Aresch.) Lane, Mayes, Druehl et Saunders
	<i>f. ochotensis</i> Miyabe				<i>var. ochotensis</i> (Miyabe) Yotsukura, Kawashima, T. Kawai, Abe et Druehl
	<i>f. diabolica</i> Miyabe		<i>f. diabolica</i> (Miyabe) Selivanova, Zhigadlova et Hansen		<i>var. diabolica</i> (Miyabe) Yotsukura, Kawashima, T. Kawai, Abe et Druehl
	<i>f. longipes</i> (Miyabe et Tokida) Petrov		<i>f. longipes</i> (Miyabe et Tokida) Selivanova, Zhigadlova et Hansen		<i>f. longipes</i> (Miyabe et Tokida) Selivanova, Zhigadlova et Hansen
					<i>var. religiosa</i> (Miyabe) Yotsukura, Kawashima, T. Kawai, Abe et Druehl
19	<i>Laminaria dentigera</i> Kjellman	18	<i>Saccharina dentigera</i> (Kjellman) Lane, Mayes, Druehl et Saunders	20	* <i>Hedophyllum dentigerum</i> (Kjellman) Starko, Lindstrom, Martone
20	<i>Laminaria bongardiana</i> Postels et Ruprecht	19	<i>Saccharina bongardiana</i> (Postels et Ruprecht) Lane, Mayes, Druehl et Saunders	21	* <i>Hedophyllum bongardianum</i> (Postels et Ruprecht) Yendo
	<i>f. bifurcata</i> Postels et Ruprecht		<i>f. bifurcata</i> (Postels et Ruprecht) Selivanova, Zhigadlova et Hansen		V***
	<i>f. taeniata</i> (Postels et Ruprecht) Kjellman		<i>f. taeniata</i> (Postels et Ruprecht) Selivanova, Zhigadlova et Hansen		** <i>f. taeniata</i> (Postels et Ruprecht) N. Klochkova, T. Klochkova
	<i>f. subsimplex</i> (Setchell et Gardner) Petrov		<i>f. subsimplex</i> (Setchell et Gardner) Selivanova, Zhigadlova et Hansen		VJ***
	<i>f. subsessilis</i> (Areschoug) Kjellman		<i>f. subsessilis</i> (Areschoug) Selivanova, Zhigadlova et Hansen		* <i>Hedophyllum subsessile</i> (Areschoug) Setchell
21	<i>Laminaria multiplicata</i> Petrov et Suchoveeva	20	<i>Laminaria multiplicata</i> Petrov et Suchoveeva	23	* <i>Hedophyllum sessile</i> (C. Agardh) Setchell
22	<i>Laminaria solidungula</i> J. Agardh	21	<i>Laminaria solidungula</i> J. Agardh		VII***
23	<i>Laminaria yezoensis</i> Miyabe	22	<i>Laminaria yezoensis</i> Miyabe	24	<i>Laminaria yezoensis</i> Miyabe
24	<i>Laminaria longipes</i> Bory	23	<i>Laminaria longipes</i> Bory	25	* <i>Laminaria repens</i> Ruprecht emend. Klimova et T. Klochkova
					<i>f. repens</i>
					<i>f. linearis</i> (Miyabe et Nagai) Klimova et T. Klochkova
					<i>f. latifolia</i> (Yamada) Klimova et T. Klochkova

Окончание табл.

The End of the Table.

№	[Петров, 1975] [Петров, 1975]	№	[Selivanova et al., 2007]	№	Пересмотренный современный список (настоящая статья) Revised modern list (present paper)
25	<i>Phyllariella ochotensis</i> Petrov et Vozzhinskaja	24	<i>Tauya basicrassa</i> N. Klochkova et Krupnova (?)	26	* <i>Tauya basicrassa</i> N. Klochkova et Krupnova
	Семейство Lessoniaceae	25	<i>Phyllariella ochotensis</i> Petrov et Vozzhinskaja	27	<i>Phyllariella ochotensis</i> Petrov et Vozzhinskaja
26	<i>Lessonia laminarioides</i> Postels et Ruprecht	26	<i>Pseudolessonia laminarioides</i> (Postels et Ruprecht) Cho, N. Klochkova, Krupnova et Boo	28	<i>Pseudolessonia laminarioides</i> (Postels et Ruprecht) Cho, N. Klochkova, Krupnova et S.M. Boo
27	<i>Macrocystis integrifolia</i> Bory				IX***
28	<i>Macrocystis pyrifera</i> (Turner) Agardh	27	<i>Macrocystis pyrifera</i> (Linnaeus) C. Agardh		X***
29	<i>Nereocystis luetkeana</i> (Mertens) Postels et Ruprecht	28	<i>Nereocystis luetkeana</i> (Mertens) Postels et Ruprecht		
	Семейство Alariaceae		Семейство Alariaceae		Семейство Alariaceae
30	<i>Alaria angusta</i> Kjellman	29	<i>Alaria angusta</i> Kjellman emend. Petrov		* <i>Alaria esculenta</i> (Linnaeus) Greville
31	<i>Alaria marginata</i> Postels et Ruprecht	30	<i>Alaria marginata</i> Postels et Ruprecht	29	<i>A. esculenta</i> f. <i>angustifolia</i> Postels et Ruprecht emend. Klimova, T. Klochkova et N. Klochkova
32	<i>Alaria macroptera</i> (Ruprecht) Yendo				<i>A. esculenta</i> f. <i>latifolia</i> Postels et Ruprecht emend. Klimova, T. Klochkova et N. Klochkova
33	<i>Alaria ochotensis</i> Yendo	31	<i>Alaria ochotensis</i> Yendo		XI***
				30	<i>Alaria ochotensis</i> Yendo
34	<i>Pleuropterum paradiseum</i> Miyabe et Nagai	32	<i>Alaria paradisea</i> (Miyabe et Nagai) Widdowson	31	* <i>Alaria marginata</i> Postels et Ruprecht
35	<i>Alaria fistulosa</i> Postels et Ruprecht	33	<i>Alaria fistulosa</i> Postels et Ruprecht	32	* <i>Alaria paradisea</i> (Miyabe et Nagai) Widdowson
36	<i>Undaria pinnatifida</i> (Harvey) Suringar	34	<i>Undaria pinnatifida</i> (Harvey) Suringar	33	* <i>Eualaria fistulosa</i> (Postels et Ruprecht) Wynne
37	<i>Undariella kurilensis</i> Petrov et Kussakin	35	<i>Undariella kurilensis</i> Petrov et Kussakin	34	<i>Undaria pinnatifida</i> (Harvey) Suringar
	Семейство Arthrohamnaceae		Семейство Arthrohamnaceae	35	<i>Undariella kurilensis</i> Petrov et Kussakin
38	<i>Arthrothamnus bifidus</i> (Gmelin) J. Agardh	36	<i>Arthrothamnus bifidus</i> (Gmelin) J. Agardh	36	Семейство Arthrohamnaceae
39	<i>Arthrothamnus kurilensis</i> Ruprecht	37	<i>Arthrothamnus kurilensis</i> Ruprecht	37	<i>Arthrothamnus bifidus</i> (Gmelin) J. Agardh
					<i>Arthrothamnus kurilensis</i> Ruprecht

Примечания к представленной в таблице информации.

Notes on information from the table.

1* Причины замены видового эпитета *Agarum clathratum* на *Agarum pertusum* и восстановления двух предложенных в работе [Postels, Ruprecht, 1840] вариаций (var. *brassiciforme* и var. *platyneurum*) подробно рассмотрены в нашей работе [Клочкова Н. и др., 2022].

1** Обоснование для изменения авторства у *A. pertusum* subsp. *yakishiriense* приведено перед номенклатурной комбинацией 1, представленной в настоящей статье.

2* Молекулярно-филогенетическое исследование [Boo, Yoon, 2000] разделило приазиатские образцы *A. clathratum* на два вида, которые авторы процитированной выше работы определили как *A. clathratum* и *Agarum turneri*. В работе Н. Клочковой с соавторами [Клочкова Н. и др., 2022], показано, что *A. turneri* является младшим синонимом *A. clathratum*, ныне переименованным в *A. pertusum*, а виду, который ранее фигурировал под именем *A. turneri*, в соответствии с правилами приоритета и лексотикификации, возвращено его историческое название – *Agarum gmelinii*, данное еще в XIX в. [Postels, Ruprecht, 1840].

3* *Agarum undulatum* был описан как новый для науки вид на основе молекулярно-филогенетического анализа и сравнительно морфологического изучения представителей рода *Agarum*. Судя по нашим данным, он распространен вдоль Средних и Малых Курил [Klochkova T. et al., 2021].

5* В 2011 г. *Thalassiohyllum clathrus* был переведен в род *Agarum* на основании высокого сходства у этих родов участков ITS2, cox1, cox3 и Rubisco [Boo et al., 2011]. Молекулярно-филогенетический анализ представителей семейства Agaraceae, выполненный позднее с использованием 24 пластидных, митохондриальных и ядерных генов [Kawai et al., 2017], подтвердил валидность рода *Thalassiohyllum*.

6* Род *Costularia* был переименован в *Costulariella* [Klochkova N., Klochkova T., 2010] в связи с преоккупацией его родового имени одним из родов семейства Супергасеае (Liliopsida). Первоначально в работе [Петров, Гусарова, 1970] он был отнесен к семейству Ламинариасеае. После выделения из него семейства Агарасеае в обновленной классификации бурых водорослей [Silberfeld et al., 2014] *Costulariella* указывалась как вид с неопределенным семейственным положением. Проведенное нами молекулярно-филогенетическое изучение образцов *C. kurilensis* с о. Янкича и Матуа (№ регистрации в NBI: PX409129, PX409130, PX409131, PX409132, PQ549678, PQ549679, PQ549680, PQ549681) позволяет отнести его в семейство Ламинариасеае (рис. 4).

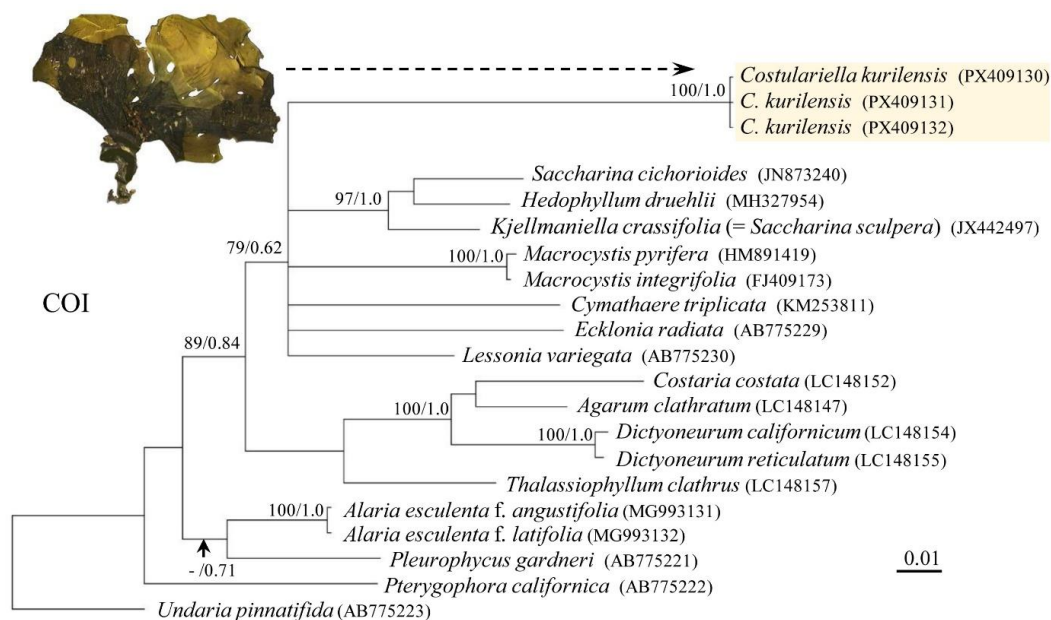


Рис. 4. Филогенетическое дерево представителей ламинариевых по COI. Значения напротив ветвей дерева – статистический бутстрэп/апостериорная вероятность сходства (Учитывались только значения выше 75. В случаях, когда статистический бутстрэп был ниже 75, ставился прочерк «-»). Исследованные нами образцы отмечены заливкой фона. Приводятся фотографии вида *Costulariella kurilensis*

Fig. 4. Phylogenetic tree of representatives from the kelp species based on COI analysis. Consensus support (%) and posterior probabilities are shown (only the values above 75 were included. Dashes “-” present consensus support values below 75). Our studied specimens are highlighted. Photograph of *Costulariella kurilensis* is presented

8* Результатом исследования *Kjellmaniella crassifolia* [Lane et al., 2006] стал ее перевод в род *Saccharina*. Повторное молекулярно-филогенетическое изучение этого вида с использованием большего количества генов [Starko et al., 2019] привело к необходимости возвращения ему прежнего таксономического положения.

11* Обоснование для перевода *Cymathaere fibrosa* в род *Saccharina* приведено перед номенклатурной комбинацией 2, приведенной в настоящей статье.

(I***) *Saccharina angustata* распространена у о. Хоккайдо, Кунашир и Малых Курил. В 1970-х годах необычные узколинейные образцы ламинарии, собранные у Среднего Приморья, были описаны как подвид *Laminaria angustata* [Петров, Суховеева, 1972], названный его авторами “*sibirica*”. Молекулярно-филогенетический анализ подобных растений показал, что они принадлежат к произрастающей в сублиторальной кайме *Saccharina cichorioides* и особо близки к ее форме *f. coreacea* [Balakirev et al., 2012].

14* Обоснование для перевода *Laminaria inclinatorhiza* в новый род *Pseudolaminaria* приведено перед номенклатурной комбинацией 3, приведенной в настоящей статье.

15* Принадлежность *Laminaria appressirhiza* к роду *Laminaria* подтверждают результаты молекулярно-филогенетических исследований, приведенные в нашей работе [Клочкова Н. и др., 2020a].

16** Описание *Laminaria cichorioides f. sinuicola* было выполнено Ю.Е. Петровым [Петров, 1972] с отступлением от правил международной ботанической номенклатуры – без иллюстрации. После перевода *L. cichorioides* в род *Saccharina* [Lane et al., 2006] для *f. sinuicola* была оформлена новая номенклатурная комбинация [Selivanova et al., 2007], которая до сих пор считается *nomen invalidum* [Guiry, Guiry, 2026], несмотря на то, что О.Н. Селиванова [Селиванова, 2010] узаконила данную форму вида, опубликовав предоставленную ей Ю.Е. Петровым фотографию *L. cichorioides f. sinuicola*.

16 (II***) *Saccharina cichorioides f. sikotanensis*, согласно молекулярно-филогенетическим данным [Yotsukura, Druehl, 2009], является синонимом *S. sachalinensis*.

17* Вид *Laminaria sachalinensis* не был включен в молекулярно-филогенетическое исследование К. Лэйна с соавторами [Lane et al., 2006]. Чтобы устранить этот пробел, Н. Йотсукура и Л. Друэл сравнили участки ITS, Rubisco и nad6 у этого и других цельнолистных видов японских ламинарий. На основе полученных данных они пришли к выводу о валидности *L. sachalinensis* и необходимости его перевода в род *Saccharina* [Yotsukura, Druehl, 2009]. Отметим, что указанные выше авторы изучали материал, собранный не в типовых местообитаниях, а у о. Хоккайдо, что оставляет вопрос о нахождении данного вида в морях РДВ открытым.

(III***) Валидность вида *Laminaria complanata* подтверждается исследованием П.В. Габриэльсона с соавторами [Gabrielson et al., 2012]. Его ареал охватывает тихоокеанское побережье Северной Америки (штаты Британская Колумбия и Вашингтон). Анализ собственных сборов и гербарных материалов из Северо-Западной Пацифики в гербарии (LE) показывает, что у азиатского побережья Берингова моря данный вид не встречается.

(IV***) Образцы, ранее определявшиеся как *Laminaria (Saccharina) groenlandica*, на самом деле принадлежат виду *S. latissima* [Guiry, Guiry, 2026]. По очертаниям пластин они близки к типовой форме этого вида. Отличаются от нее чрезмерной булированностью, нередко захватывающей даже утолщенную срединную полосу пластины. В наших сборах образцы с подобной морфологией отсутствуют.

18* Молекулярно-филогенетическое исследование, проведенное Т.А. Клочковой с соавторами [Клочкова Т. и др., 2022], показало, что форма *f. lanciformis*, выделенная Ю.Е. Петровым [Петров, 1972] для вида *Laminaria gurjanovae*, на самом деле близка к типовой форме аркто-тихоокеанско-атлантического вида *Saccharina latissima* и является ее синонимом.

18** Молекулярно-филогенетическое изучение образцов *Laminaria gurjanovae*, имеющих морфологию, соответствующую протологу [Зинова, 1964] (№ регистрации в NCBI: PQ658768, PQ549676, PX409133, PQ549677), из ее типового местообитания свидетельствует об их принадлежности к *Saccharina latissima*. Их своеобразная морфология и необычная экология вызвала необходимость отнесения описанного А.Д. Зиновой вида к особой форме *S. latissima*. Ее номенклатурное оформление приведено в работе [Клочкова Т. и др., 2025].

19* Сравнительный молекулярно-филогенетический анализ [Yotsukura et al., 2008] и эксперименты по скрещиванию гаметофитов ламинарий [Yotsukura, Druehl, 2009] доказали, что описанные К. Miyabe [1902] виды *Laminaria diabolica*, *Laminaria ochotensis* и *Laminaria religiosa* являются морфологическими вариациями *Saccharina japonica*. Предложенные этими авторами номенклатурные изменения получили международное признание [Guiry, Guiry, 2026], в связи с чем в представленном нами списке они указаны как внутривидовые вариететы *Laminaria japonica*.

20* Молекулярно-генетическое изучение североамериканских образцов *Saccharina dentigera* показало, что данный вид принадлежит роду *Hedophyllum* [Starko et al., 2019].

21* Молекулярно-филогенетическое изучение североамериканских образцов *Saccharina bongardiana* показало, что данный вид принадлежит роду *Hedophyllum* Setchell [Starko et al., 2019].

(V***) Специальные исследования [Клочкова Н., Кусиди, 2022] показали, что двувильчатая форма *Hedophyllum bongardianum* (f. *bifurcata*) представляет собой стадию онтогенеза типовой формы этого вида. Поскольку морфология этой формы является отражением возрастной изменчивости, придание ей таксономического статуса является необоснованным.

21** Обоснование для изменения авторства у формы f. *taeniata* приведено перед номенклатурной комбинацией 4, приведенной в настоящей работе.

(VI***) *Laminaria bongardiana* f. *subsimplex* и *Saccharina bongardiana* f. *subsimplex* являются гетеротипическими синонимами *Hedophyllum nigripes*. Это обосновано в публикациях [Gabrielson et al., 2006; Starko et al., 2019]. Поскольку нахождение *H. nigripes* в альгофлоре РДВ требует молекулярно-филогенетического подтверждения, мы воздерживаемся от включения его в состав дальневосточной альгофлоры.

22* Согласно молекулярно-филогенетическому исследованию [Starko et al., 2019] вид *Hedophyllum subsessile* (Areschoug) Setchell, ранее считавшийся формой вида *Laminaria (Saccharina) bongardiana* [Петров, Суховеева, 1972; Selivanova et al., 2007], на самом деле является валидным представителем рода *Hedophyllum* и его лектотипом.

23* Согласно молекулярно-филогенетическому исследованию, проведенному С. Старко с соавторами [Starko et al., 2019], вид *Hedophyllum sessile* является валидным представителем рода *Hedophyllum*. На РДВ он был указан на Командорских островах [Клочкова Н. и др., 20206].

(VII***) *Laminaria multiplicata* была описана на основе изучения восьми гербарных образцов ламинарий, собранных у материкового берега Охотского моря [Петров, Суховеева, 1976]. Их детальное изучение [Klochko T. et al., 2010] показало, что они представляют собой морфологические аномалии *Saccharina latissima*. В связи с этим *L. multiplicata* была признана не валидным видом и сведена в ее синонимы.

(VIII***) На основании данных российских исследователей [Петров, 1975; Selivanova et al., 2007] считалось, что ареал арктического эндемика *Laminaria solidungula* охватывает и приазиатские воды. Ревизия материалов альгологического гербария БИН РАН (LE) не подтвердила его нахождение в северо-западной части Берингова моря. На этом основании данный вид исключен из состава дальневосточной альгофлоры.

25* В ходе таксономической ревизии рода *Laminaria* [Klimova et al., 2023] было установлено, что под названием *Laminaria longipes* ранее объединялись два различных вида: североатлантический с ризоидами и тихоокеанский с ризомами. Поскольку североатлантические образцы *L. longipes* были описаны раньше и позднее отнесены к синонимам *Saccharina latissima*, для тихоокеанского представителя этого вида был восстановлен исторически приоритетный эпитет *repens* [Ruprecht, 1850].

26* Валидность рода *Tauya* и его типового вида *Tauya basicrassa* ставилась под сомнение [Selivanova et al., 2007]. Молекулярно-филогенетический анализ образцов, собранных в типовом местообитании, подтвердил ее таксономическую самостоятельность, принадлежность к семейству Laminariaceae и уникальную способность формировать жизнеспособные гаплоидные партеноспорифиты, морфологически отличающиеся от диплоидных спорифитов. Эти выводы были сделаны в ходе сравнения у них участков Rubisco, rRNA/ITS и COI и сравнительного анализа кариотипов у обеих жизненных форм [Klochko T. et al., 2017].

(IX***) В гербарий LE хранятся образцы *Macrocystis pyrifera*, собранные в позапрошлом веке у о. Сахалин. В настоящее время ареал этого вида настолько сократился, что у азиатского побережья он давно не встречается.

(X***) Буря водоросль *Nereocystis luetkeana* не произрастает в морях РДВ. Регулярное нахождение в приазиатских водах его дрейфующих талломов, приносимых сюда Алеутским течением от североамериканского побережья, не дает основания включать этот вид в число аборигенных представителей альгофлоры РДВ.

29* Молекулярно-филогенетический анализ участков *rbcl*, rRNA/ITS и COI [Клочкова и др., 2019] показал, что виды *Alaria angusta* и *Alaria marginata*, ранее приводившиеся для альгофлоры РДВ [Петров, 1973], на самом деле являются формами вида *Alaria esculenta* (f. *angustifolia* и f. *latifolia*), выделенными еще в позапрошлом веке [Postels, Ruprecht, 1840].

(XI**) *Alaria macroptera*, согласно исследованиям Т.Б. Уиддоусона [Widdowson, 1972; Guiry, Guiry, 2026], считается синонимом *A. esculenta*.

31* Морфология данного вида существенно отличается от описания *A. marginata* в трактовке Ю.Е. Петрова [Петров, 1973]. Для него характерны распростертые ризоиды, формирующие лопастной диск, а также темные, очень толстые, в молодом возрасте почти цилиндрические спорофиллы и более мягкая текстура пластин. Вид широко распространен в Восточной Пацифике, в западной впервые был указан в работе [Klochko N., Klochko T., 2025]. В пределах РДВ встречается только у Командорских островов, Северных и Средних Курил.

32* Вопрос о родовой принадлежности курильского эндемика *Pleuropterum paradiseum* был окончательно решен на основе данных молекулярно-филогенетического анализа rRNA/ITS и COI [Klimova et al., 2018], подтвердившего его принадлежность к роду *Alaria*.

33* Конкатенация данных по генам ITS и сохI-50 показала, что генетически *Alaria fistulosa* обособлена от видов рода *Alaria* и остальных представителей семейства *Alariaceae* [Lane et al., 2007]. На этом основании данный вид был отнесен к вновь описанному этими авторами роду *Druehlia*. Позднее М. Уинн установил, что более ранним и валидным родовым именем у *A. fistulosa* является *Eualaria* [Areschoug, 1884], и перевел ее в этот род [Wynne, 2009].

Научная статья

УДК 574.589

DOI: 10.17217/2079-0333-2026-77-90-104

ВЫСШАЯ ВОДНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ КУРШСКОГО ЗАЛИВА (КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Меньшенин А.С. , Новожилов О.А.

Калининградский государственный технический университет, Калининград, Советский проспект, д. 1.

Куршский залив является одним из важнейших региональных рыбохозяйственных водных объектов, имеющих статус гиперэвтрофного водоема. Особую роль в продуктивности залива выполняет высшая водная растительность, однако ее современное видовое состояние остается неизученным. В нашей работе приводится описание флористического состава, дана характеристика эколого-ценотической и экобиоморфологической структуры, выделены сообщества высшей водной растительности и проведены хорологический и ретроспективный анализы. Проведенное исследование показало изменение видовой структуры и исчезновение ранее обнаруженных видов в связи с изменением трофического статуса Куршского залива. Описан характер зарастания прибрежной части Куршского залива и даны соответствующие рекомендации.

Ключевые слова: высшая водная растительность, водная флора, гидрофиты, Куршский залив.

Original article

HIGHER AQUATIC VEGETATION OF THE RUSSIAN PART OF THE CURONIAN LAGOON (KALININGRAD REGION)

Menshenin A.S. , Novozhilov O.A.

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Sovetsky Prospekt, 1.

The Curonian Lagoon is a key regional fishery water body classified as a hypereutrophic ecosystem. Higher aquatic vegetation plays a crucial role in the lagoon's productivity; however, the current status of its species composition remains unstudied. In this study, we describe the floristic composition, characterize the ecological-coenotic and eco-biomorphological structures, identify higher aquatic vegetation communities, and provide chorological and retrospective analyses. Our data revealed changes in species structure and the disappearance of previously recorded species, which might be linked to the shift in the Curonian Lagoon's trophic status. The patterns of overgrowth in the lagoon's coastal zone are described, and relevant recommendations are provided.

Key words: higher aquatic vegetation, aquatic flora, hydrophytes, Curonian Lagoon.

 Автор, ответственный за корреспонденцию/Corresponding author: aleksandr.menshenin@klgtu.ru

ВВЕДЕНИЕ

Куршский залив является трансграничной мелководной и пресноводной лагуной Балтийского моря, крупнейшем в Европе (1 584 км²), большая часть которого относится к территории России (около 1 200 км²). Данный залив также является одним из важнейших рыбохозяйственных водоемов Северо-Западной части России, уловы в котором составляют более 2,5 тыс. тонн [Сведения об улове..., 2025].

В настоящее время залив подвержен эвтрофированию, а по уровню трофности водоем приобрел статус гиперэвтрофного водного объекта [Aleksandrov, 2010]. Значительный вклад в общую продукцию вносит высшая водная растительность, являющаяся одним из важных первичных продуцентов для водоемов данного типа [Папченков, 2001]. В процессе жизнедеятельности высшая водная растительность поглощает биогенные элементы в качестве питательных веществ, конкурируя с фитопланктоном [Хромов, 2006]. В осенне-зимний период при разложении высшей водной растительности происходит выделение огромного количества органического вещества, приводящего к дефициту кислорода вследствие окисления органики [Папченков, 2003б]. Изучение продукционных процессов в Куршском заливе невозможно без исследования состояния высшей водной растительности, чему и посвящена данная статья.

Последние комплексные исследования в данном направлении датируются 50-ми годами прошлого века [Минкявичус, Пипинис, 1959], однако в настоящее время проводятся фрагментарные работы по изучению флоры Куршского залива на различных участках [Багиров и др., 2021]. Вклад в изучение флоры водного объекта также вносили работы, сделанные

в 1970–2010 гг. на разных участках залива [Трайнаускайте, 1977; Кубилите, 2001; Тототс, Губарева, 2001; Фельдман, 2007]. Ранее нами была начата работа по актуализации флористического состава высшей водной растительности Куршского залива [Меньшенин, Шибаев, 2023; Меньшенин, Новожилов, 2024]. Высшая водная растительность является первичным продуцентом, необходимым компонентом самоочищения вод, местом нерестилищ водных биологических ресурсов. В связи с изменениями трофического статуса возрастает важность проведения современных комплексных исследований флоры водоема.

Целью данной работы является оценка актуального состояния высшей водной растительности Куршского залива, определение флористического состава, а также характера зарастания и распределения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на основе данных, полученных в 2022–2024 гг. в ходе обследования прибрежной части Куршского залива в начале мая (начало вегетации) и в конце июля (пик вегетации). Исследование растительного покрова проводили общепринятыми в гидроботанике методами [Катанская, 1981]. Сбор материала осуществляли маршрутным методом с помощью маломерного моторного судна, путем обхода прибрежной линии Куршского залива. Для фиксации маршрута обследования водного объекта использовалось программное обеспечение OrixMaps GP v. 9.0.4, где автоматически происходило построение маршрута следования и выделение ключевых участков. Построение полигонов зарастания высшей водной растительностью проводилось с использованием сервиса Google Earth, предустановленного на ноутбук DELL INSPIRON 3573, непосредст-

венно во время маршрутного обследования береговой линии.

Для проведения учета растений проводились укосы на 40 учетных площадках и 10 профилях зарастания с использованием ботанических рамок с размерами 0,25; 1; 5 и 10 м². Данные результатов учета заносились в специализированную базу данных на основе Microsoft Access. Оценка площади зарастаемости и расчет некоторых продукционных показателей выполнялся с использованием авторского программного обеспечения и сервисов QGIS 3.42. Программное обеспечение выполняло функции на основе авторского метода с использованием мультиспектральных данных спутниковых группировок Landsat 7 [Меньшенини др., 2024].

Для определения видов использовали определители [Маевский, 2014]. Латинские названия таксонов приведены в соответствии со сводкой С.К. Черепанова [Черепанов, 1995]. Таксономический, экологический и экобиоморфологический анализ флоры, характеристика широтных и долготных элементов и спектра жизненных форм растений выполнены в соответствии с рекомендациями [Папченков, 2001; Савиных, 2010]. Учет растительных сообществ проводился по эколого-фитоценотической классификации доминантно-детерминантным методом [Папченков, 2003а].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ водной флоры Куршского залива

Согласно данным [Минкявичус, Пипинис, 1959], флористический состав Куршского залива и его бассейна представлен 114 видами, включая водоросли, мхи и папоротникообразные. В пределах Национального парка «Куршская коса» в состав потенциально встречающихся прибрежно-

водных и береговых растений входит 225 видов [Герб, Соколов, 2011]. В отличие от данных исследований, текущая работа была направлена на изучение видов «водного ядра», основными представителями которых являются *гидрофиты*, или растения, у которых онтогенез проходит преимущественно в водной среде. Поскольку часть растений из прибрежного комплекса имеет цикл развития одновременно в водной и наземно-воздушной среде, учету подлежали и растения, принадлежащие прибрежно-водной или водно-воздушной группе – *гелофиты*, а также растения уреза воды – *гигрогелофиты* [Лапиров, 2003].

По результатам исследования был составлен список видов высшей водной растительности российской части Куршского залива. Систематический анализ по результатам исследования показал, что высшая водная растительность представлена 34 видами сосудистых растений, относящихся к 28 родам из 21 семейства. Отмеченные нами представители флоры принадлежат двум отделам: Equisetophyta (1 вид) и Magnoliophyta (33 вида). Среди растительного сообщества Куршского залива были выявлены представители семейства Nymphaeaceae, входящие в перечень охраняемых видов Красной книги Калининградской области (*Nymphaea alba*, *Nymphaea candida* и *Nymphaoides peltata*) [Дедкова, Гришанова, 2010].

Для эвтрофных и гиперэвтрофных водных объектов динамика зарастания связана, прежде всего, с морфометрическими и гидрологическими особенностями. Куршский залив имеет богатое видовое разнообразие и поясный (зональный) тип зарастания берегов, так как является мелководной лагуной с большим разнообразием биотопов, характеризующихся различными типами грунтов и морфологическими особенностями берегов. Однако в связи с гидрологическими особенностями (вет-

ровые и волновые явления, ледовый режим и колебания уровня воды) некоторые участки побережья лагуны имеют фрагментарный тип зарастаемости.

Основу флоры «водного ядра» составляют представители настоящих водных растений – нимфеиды, относящиеся к семействам *Potamogetonaceae* (5 видов) и *Nymphaeaceae* (4 вида). Меньшим видовым разнообразием отличаются семейства гидрофитов *Ceratophyllaceae* (1 вид), *Haloragaceae* (1 вид), *Hydrocharitaceae* (2 вида) и *Lemnaceae* (1 вид). Важный вклад в общее видовое разнообразие вносят и семейства из числа прибрежных сообществ гелофитов и гигрогелофитов, представленные *Acoraceae* (1 вид), *Alismataceae* (2 вида), *Asteraceae* (1 вид), *Butomaceae* (1 вид), *Cyperaceae* (3 вида), *Equisetaceae* (1 вид), *Lamiaceae* (1 вид), *Poaceae* (2 вида), *Sparganiaceae* (1 вид) и *Typhaceae* (2 вида). Большинство их представителей относятся к группе охтогидрофитов, которые характеризуются способностью проходить весь свой онтогенез в литоральной, лимозной, наземной и гидроэкофазе. Подобный видовой состав растительности является характерным для эвтрофных водных объектов с хорошо выраженной литоралью, к которым можно отнести Куршский залив. Доминирующим во флоре водоема родом является *Potamogeton* (5 видов), остальные имеют меньшее видовое разнообразие и представлены 1–2 видами.

Эколого-ценотический состав высшей водной растительности Куршского залива (см. рис., а) включает в себя доминирующую группу гидрофитов (15 видов; 44%), типичными представителями которой являются растения рода *Potamogeton*, виды *Nuphar lutea*, *Ceratophyllum demersum* и *Myriophyllum spicatum*. Растения прибрежного комплекса представлены гелофитами (13 видов, 38%) и гигрогелофитами

(5 видов, 15%). Преобладающими гелофитами являются *Phragmites australis* и *Scirpus lacustris*. Наименьшим числом видов представлены гигрофиты (1 вид; 3%), являющиеся растениями сырых местообитаний и лишь иногда заходящими в водную среду.

Виды, обнаруженные в ходе исследования, характерны для эвтрофированных водоемов [Федотов, 2011]. При сравнении полученных результатов с литературными данными 50-х годов наблюдается снижение видового разнообразия, в том числе уменьшение количества видов высшей водной растительности, характерных для олиготрофных и мезотрофных водоемов. Причиной может являться смена трофического статуса водного объекта.

Водная и околотовдная растительность изученного водного объекта представлена характерными типами жизненных форм, выделенных Х. Раункиером для водоемов Восточной Европы. Преобладающим для залива типом жизненной формы являются криптофиты, представленные гидрофитами (44%), гелофитами (41%) и геофитами (9%). Самой малочисленной группой являются протогемикриптофиты (6%) (см. рис., б).

Биоморфологический анализ особенно важен в контексте проведения экологических исследований. Понимание габитуса того или иного вида растения позволяет получить полноценную оценку онтогенеза растений в определенных условиях среды. Среди жизненных форм водной флоры Куршского залива, по классификации И.Г. Серебрякова [Серебряков, 1964], преобладают длиннокорневищные травы поликарпики (13 видов; 38%), имеющие устойчивую корневую систему, способную развиваться в условиях резких климатических изменений и неблагоприятного гидрологического режима водного объекта. В целом в результате проведенных исследований были выделены 14 типов жизненных форм (см. табл. 1).

Среди растений Куршского залива в период исследований по классификации Н.П. Савиных [Савиных, 2003] выделены вегетивно-подвижные явнополицентрические (20 видов; 59%) и вегетивно-подвижные неявнополицентрические (10 видов; 29%) биоморфы. Иные формы (вегетивно-неподвижные моноцентрические и вегетивно-подвижные ацентрические биоморфы) представлены в меньшей степени (по 2 вида; 6%) (см. рис., в). Таким образом, среди жизненных форм доминируют вегетивно-подвижные растения.

Географическая структура водной флоры рассматривалась в долготном (региональном) (см. рис., г) и широтном (зональном) (см. рис., д) отношении. Большинство представителей флоры относятся к гемикосмополитному (9 видов; 26%) и голарктическому (9 видов; 26%) долготным географическим элементам. Остальные долготные географические элементы (евразийский, евросибирский, европейско-западносибирский, европейско-западноазиатский и евросибирско-западноазиатский) представлены 2–5 видами. Хорологический анализ флоры водоема подтверждает отношение водного объекта к региону Восточной Европы.

Ведущая роль во флористическом составе прибрежной линии Куршского залива принадлежит высокотравным гелофитам, представленным в основном сообществами

Phragmites australis и *Scirpus lacustris*. Заросли тростника обыкновенного имеют ширину пояса более 100 м на протяжении почти всего побережья, а в некоторых местах достигают до 400 м (см. рис., е). Камыш озерный распространен широко, но имеет более сложный характер зарастания побережья, связанный с морфологическими особенностями вида. Широкие пояса от 50 до 200 м сменяются фрагментарными пятнами на протяжении всей прибрежной части. В Куршском заливе камыш озерный является средообразующим элементом, формирующим большое количество ассоциаций растительности. В бухтах и тростниковых заводях отмечается большое разнообразие высшей водной растительности, представленной *Typha latifolia*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Stratiotes aloides* и другими видами, что связано с особенностями гидрологического режима.

В зональной структуре преобладают бореомеридиональный (17 видов; 50%) и плюризональный (11 видов; 32%) элементы, свидетельствующие о типичности флористического состава Куршского залива для Восточной Европы и соответствия зональному положению водного объекта. Гораздо меньше представлены борео-субмеридиональный (4 вида; 12%) и арктомеридиональный (2 вида; 6%) элементы. Подобное распределение соответствует хорологическому спектру Восточной Европы.

Характер и динамика зарастания Куршского залива

В результате исследований водной флоры Куршского залива было выделено 33 ассоциации, объединенные в 13 формаций.

Тип растительности. Водная растительность – *Aquiphytosa*.

А. Группа классов и I. Класс формаций. Настоящая водная (гидрофитная) растительность – *Aquiphytosa genuine*.

I. Группа формаций погруженных укореняющихся гидрофитов – *Aquiherbosa genuina submersa radicans*.

1. Формация рдеста пронзеннолистного – *Potameta perfoliati*.
Ассоциация: 1) *Potametum perfoliati*, 2) *Ceratophyllo-Potametum perfoliati*, 3) *Potametum pectinati-perfoliati*.
2. Формация рдеста блестящего – *Potameta lucentis*.
Ассоциации: 4) *Potametum lucentis*, 5) *Potametum perfoliati-lucentis*.
3. Формация телореза алоэвидного – *Stratioteta aloidis*.
Ассоциации: 6) *Stratiotetum aloidis*, 7) *Lemno-Stratiotetum aloidis*, 8) *Hydroherboso-Stratiotetum aloidis*.
4. Формация урути колосистой – *Myriophylleta spicati*.
Ассоциации: 9) *Myriophylletum spicati*, 10) *Hydroherboso-Myriophylletum verticillate*.
5. Формация роголистника темно-зеленого – *Ceratophylleta demersi*.
Ассоциации: 11) *Ceratophylletum demersi*.
2. Группа формаций укореняющихся гидрофитов с плавающими на воде листьями – *Aquiherbosa genuina radicans foliis natantibus*.
6. Формация кубышки желтой – *Nuphareta luteae*.
Ассоциации: 12) *Ceratophyllo-Nupharetum luteae*, 13) *Myriophyllo spicati-Nupharetum luteae*, 14) *Potameto perfoliati-Nupharetum luteae*, 15) *Nyphaeto-Nupharetum luteae*, 16) *Nymphoideta-Nupharetum luteae*.
- Б. Группа классов. Прибрежно-водная растительность – *Aquiherbosa vadosa*.
- II. Класс формаций. Воздушно-водная (гелофитная) растительность – *Aquiherbosa helophyta*.
3. Группа формаций низкотравных гелофитов – *Aquiherbosa helophyta humilis*.
7. Формация частухи подорожниковой – *Alismateta plantago-aquaticae*.
Ассоциация: 17) *Alismatetum plantago-aquaticae*.
8. Формация сусака зонтичного – *Butometa umbellati*.
Ассоциации: 18) *Heteroherboso-Butometum umbellati*.
9. Формация стрелолиста обыкновенного – *Sagittarieta sagittifoliae*.
Ассоциации: 19) *Sagittarietum sagittifoliae*.
10. Формация хвоща приречного – *Equiseteta fluviatilis*.
Ассоциации: 20) *Equisetetum fluviatilis*.
4. Группа формаций высокотравных гелофитов – *Aquiherbosa helophyta procera*.
11. Формация камыша озерного – *Scirpeta lacustris*.
Ассоциации: 21) *Scirpetum lacustris*, 22) *Nuphareto-Scirpetum lacustris*, 23) *Potameto perfoliati-Scirpetum lacustris*, 24) *Heteroherboso-Scirpetum lacustris*.
12. Формация рогоза узколистного – *Typheta latifoliae*.
Ассоциации: 25) *Typhetum latifoliae*, 26) *Ceratophyllo-Typhetum latifoliae*, 27) *Nuphareto-Typhetum angus-latifoliae*, 28) *Scirpeto lacustris-Typhetum latifoliae*, 29) *Sparganieto erecti-Typhetum latifoliae*.
13. Формация тростника южного – *Phragmiteta australis*.
Ассоциации: 30) *Phragmitetum australis*, 31) *Scirpeto lacustris-Phragmitetum australis*, 32) *Equiseto fluviatilis-Phragmitetum australis*, 33) *Typheto angustifoliae-Phragmitetum australis*.

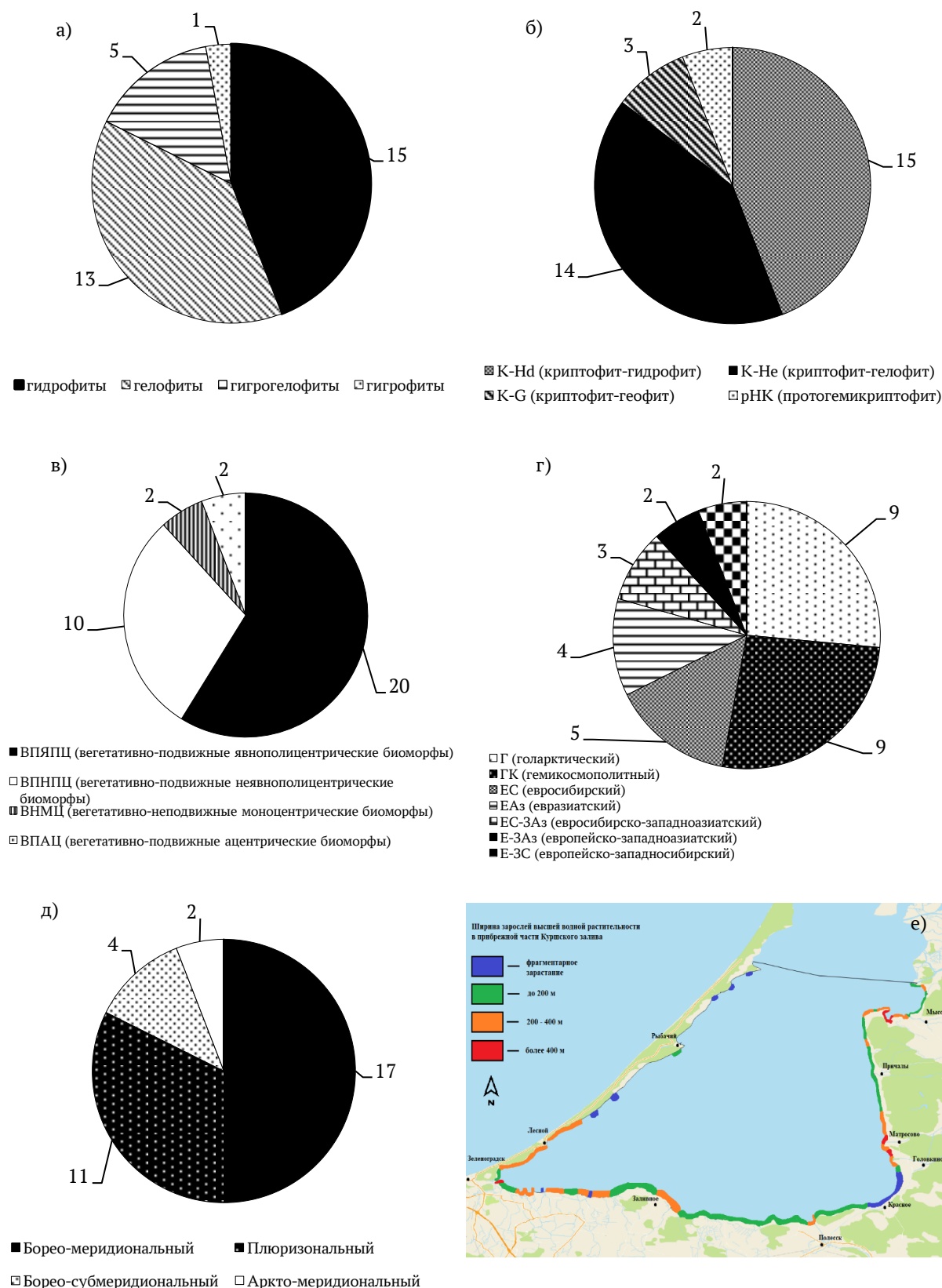


Рис.: а – эколого-ценотическая характеристика высшей водной растительности Камчатского залива по результатам исследования 2022–2024 гг.; б – характеристика жизненных форм высшей водной растительности по Х. Раункьеру Камчатского залива по результатам исследования 2022–2024 гг.; в – структура экобиоморф (по классификации Н.П. Савиних) высшей водной растительности Камчатского залива по результатам исследований 2022–2024 гг.; г – долготная (региональная) географическая характеристика высшей водной растительности Камчатского залива по результатам исследований 2022–2024 гг.; д – широтная (зональная)

географическая характеристика высшей водной растительности Куршского залива по результатам исследований 2022–2024 гг.; ϵ – ширина зарослей высшей водной растительности в прибрежной части Куршского залива по результатам исследований 2022–2024 гг. (масштаб 1 : 110 000)

Fig. a – ecological and coenotic characteristics of the higher aquatic vegetation of the Curonian Lagoon according to the results of the study of 2022–2024; b – characteristics of the life forms of higher aquatic vegetation according to X. The topography of the Curonian Lagoon according to the results of the study of 2022–2024; c – the structure of ecobiomorphs (according to the classification of N.P. Savinykh) of the higher aquatic vegetation of the Curonian Lagoon according to the results of research in 2022–2024; d – the longitude (regional) geographical characteristics of the higher aquatic vegetation of the Curonian Lagoon according to the results of research in 2022–2024.; e – latitudinal (zonal) geographical characteristic of the higher aquatic vegetation of the Curonian Lagoon according to the results of research in 2022–2024; ϵ – width of the thickets of higher aquatic vegetation in the coastal part of the Curonian Lagoon according to the results of research in 2022–2024 (scale 1 : 110 000)

Таблица 1. Число видов высшей водной растительности Куршского залива по результатам исследований 2022–2024 гг., принадлежащих к различным типам жизненных форм по классификации И.Г. Серебрякова [Серебряков, 1964]

Table 1. The number of species of higher aquatic vegetation in the Curonian Lagoon, according to the results of studies conducted in 2022–2024, belonging to various types of life forms according to the classification of I.G. Serebryakov [Serebryakov, 1964]

Жизненная форма	Количество видов
бескорневой свободноплавающий травянистый поликарпик (однолетник вегетативного происхождения)	1
двудомный столонообразующий розеточный травянистый поликарпик (однолетник вегетативного происхождения)	1
длиннокорневищный травянистый поликарпик	13
длиннокорневищное травянистое спороносное растение	1
кистекарневой столонообразующий розеточный травянистый поликарпик (однолетник вегетативного происхождения)	1
кистекарневой травянистый поликарпик	1
кистекарневой травянистый поликарпик (однолетник вегетативного происхождения)	1
корнеотпрысковая травянистая лиана	1
короткокорневищный травянистый олигокарпик	1
короткокорневищный травянистый поликарпик	3
листецовой травянистый поликарпик (однолетник вегетативного происхождения)	1
подземностолонный клубнеобразующий травянистый поликарпик (однолетник вегетативного происхождения)	1
стелющийся эпигеогенно-корневищный травянистый поликарпик	3
столонообразующий травянистый поликарпик (однолетник вегетативного происхождения)	5

Сообщества гидрофитов, являющиеся важными для местной ихтиофауны, занимают большую часть побережья Куршского залива и распространены на глубинах 1–3 м, следуя за высокотравными гелофитами. Особую важность для рыбных сообществ представляют сообщества *Potamogeton perfoliatus*, *Potamogeton lucens* и *Potamogeton pectinatus*, составляющие ядро «мягкой растительности». Широкое распространение в зоне гидрофитов имеет ку-

бышка желтая (*Nuphar lutea*), покрывающая большие площади, составляя 5 крупных ассоциаций. Сообщества данной формации произрастают на глубинах 1–2 м, формируя густые заросли с *Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum*, *Nymphaea candida*, *Nymphaea alba*, *Nymphoides peltata* и другими видами.

Характер зарастания Куршского залива определяется гидрологическими условиями, характером грунтов и морфологи-

ческим строением побережья. Именно данные факторы формируют условия для произрастания и сохранения высшей водной растительности.

Наибольший вклад в зарастание прибрежной части Куршского залива вносят гелофиты, а именно *Phragmites australis* и *Scirpus lacustris*. Площади, занимаемые данными видами, незначительно изменялись в динамике с 2022 г. (4 399,65 и 2 367,88 км²) к 2024 г. (4 509,47 и 2 344,61 км²).

По результатам исследования (табл. 2), наибольшую площадь покрытия в 2023 г. имел тростник (4 502,82 тыс. м²). Камыш озерный, произрастающий преимущественно в северо-восточной и южной частях Куршского залива занимал 2 350,74 тыс. м². Кубышка желтая, относящаяся к укореняющимся гидрофитам с плавающими на воде листьями, занимает относительно спокойные участки залива, но широко распространена в северо-восточной и юго-западной прибрежной части залива (1 624,23 тыс. м²).

Анализ величины средней биомассы растительности подтвердил значительный

вклад высокотравных гелофитов. Так, биомасса камыша составила 3,01 кг/м², а тростника – 3,64 кг/м². Впервые оценка запасов высшей водной растительности была проведена в исследованиях 1950-х годов с целью оценки рыбохозяйственного значения высшей водной растительности Куршского залива. Данные показатели близки к оценкам, полученным в ходе исследований 1950-х гг., где величины средней биомассы тростника обыкновенного (*Phragmites australis*) и камыша озерного (*Schoenoplectus lacustris*) варьировались в диапазонах 2,02–3,32 и 0,85–4,80 кг/м² соответственно. Наибольшими запасами среди эколого-ценотических групп растений, как уже говорилось ранее, обладают гелофиты, надземная биомасса которых составляет 16 390,26 т для тростника и 7 075,73 т для камыша. Подобная динамика характерна для водоемов с высокой продукцией и подверженных эвтрофированию, где развиваются особенно благоприятные условия для развития высшей водной растительности.

Таблица 2. Первичная продукция доминирующих видов высшей водной растительности российской части Куршского залива по результатам исследований в 2023 г.

Table 2. Primary production of dominant species of higher aquatic vegetation in the Russian part of the Curonian Lagoon based on research results obtained in 2023

Основные виды	S, тыс. м ²	B _{max} (сырой вес), кг/м ²	B _{cp} (сырой вес), кг/м ²	B _{above} (сырой вес), т	P _{above} , кг/м ²
<i>Phragmites australis</i>	4 502,82	4,01	3,64	16 390,26	4,812
<i>Scirpus lacustris</i>	2 350,74	3,32	3,01	7 075,73	3,984
<i>Nuphar lutea</i>	1 624,23	1,18	0,88	1 429,32	2,950
<i>Myriophyllum spicatum</i>	403,94	0,83	0,53	214,09	2,075
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	622,57	0,54	0,38	305,06	1,350
<i>Potamogeton pectinatus</i>	486,54	0,48	0,28	136,23	1,200
<i>Ceratophyllum demersum</i>	462,12	1,08	0,67	291,14	2,700

Примечание. В таблице приняты следующие сокращения: S, тыс. м² – площадь зарослей; B_{max} (сырой вес), кг/м² – максимальная биомасса растений при ОПП, равном 100%; B_{cp} (сырой вес), кг/м² – средняя биомасса растений с учетом ОПП; B_{above} (сырой вес), т – общая надземная биомасса; P_{above}, кг/м² – годовая продукция надземной биомассы

Note. The following abbreviations are used in the table: S, thousand m² is the area of thickets; B_{max} (crude weight), kg/m² is the maximum biomass of plants with overall projected coverage (OPC) equal to 100%; B_{av} (crude weight), kg/m² is the average biomass of plants taking into account OPC; B_{above} (crude weight), t is the total aboveground biomass; P_{above}, kg/m² is the annual production of aboveground biomass

Особый вклад в общую первичную продукцию высшей водной растительности вносят гидрофиты, обладающие важным значением для жизнедеятельности рыбного сообщества. Значение средней биомассы гидрофитов варьировалось от 0,28 до 0,88 кг/м². Значительную долю в общей биомассе гидрофитов занимают кубышка желтая (*Nuphar lutea*) и рдесты, распространенные на протяжении всего побережья Куршского залива. Несмотря на то, что залив характеризуется наличием большого количества мелководий, мест, благоприятных для развития высшей водной растительности мало в связи с особенностями гидрологического режима.

Высшая водная растительность, являясь важнейшим первичным продуцентом, имеет ощутимый вклад в общий продукционно-деструкционный баланс Куршского залива. Расчет продукционных показателей демонстрирует значительный вклад гелофитов (3,984–4,812 кг/м²). Вклад гидрофитов был гораздо меньше (1,200–2,950 кг/м²). Оценка, полученная в настоящем исследовании, имеет сходство по величинам средней биомассы растений с литературными данными, что может свидетельствовать о некоторой устойчивости экосистемы Куршского залива.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках исследований 2022–2024 гг. было обнаружено 34 вида, относящихся к 28 родам из 21 семейства высших растений, 3 вида входят в перечень Красной книги Калининградской области. В «водном ядре» Куршского залива среди экологических групп преобладали гидрофиты (15 видов). Доминирующим типом среди жизненных форм стали криптофиты-гидрофиты (15 видов). Биоморфологический анализ показал, что среди жизненных форм

водной флоры Куршского залива преобладают длиннокорневищные травы поликарпики (13 видов). Хорологическая характеристика водной флоры Куршского залива подтверждает принадлежность водной растительности региону Восточной Европы. По итогам исследований были описаны 33 ассоциации, объединенные в 13 формаций водной флоры Куршского залива. Построены карты зарастаемости прибрежной части Куршского залива, а также рассчитаны некоторые продукционные показатели.

Результат данной исследовательской работы, по сравнению с данными 1950-х годов, имеет ряд особенностей. В ходе экспедиций не были зафиксированы сообщества харовых водорослей, что может быть связано с перестроением экологических групп водной флоры Куршского залива в связи с изменением трофического статуса водного объекта. Реже стали встречаться сообщества с *Nymphoides peltata*, ранее произрастающей на протяжении большей части береговой линии юга Куршского залива. Увеличиваются площади зарастания побережья сообществами *Phragmites australis*, что может привести к интенсификации процессов перестроения экологических групп высшей водной растительности, а также к деградации нерестилищ водных биологических ресурсов. В ходе исследования не были обнаружены некоторые виды гидрофитов, которые были зафиксированы в работе 1950-х гг., что также является тревожным аспектом. В качестве мер по снижению поступления органического вещества и биогенных элементов рекомендуется выкос жесткой растительности с дальнейшим изъятием ее из водоема.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ВКЛАД АВТОРОВ

Меньшенин А.С. – сбор и анализ литературных данных и данных по высшей водной растительности Куршского залива, написание статьи. Новожилов О.А. – написание статьи.

Авторы прочитали и согласны с представленным вариантом рукописи.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность за консультационную и методическую помощь сотрудников лаборатории высшей водной растительности Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук, А.В. Ляхову, П.А. Мурашко и С.И. Иванову – за помощь в сборе материала и С.В. Шибаеву – за руководство данной темой исследования на начальном этапе работы.

ЛИТЕРАТУРА

- Багиров Н.Э., Ежова Е.Е., Ланге Е.К. и др. 2021. Результаты экологического мониторинга прибрежной зоны Куршского залива на территории национального парка «Куршская коса» в 2020 году. *Сборник научных статей* «Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка “Куршская коса”». Калининград: Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта. Вып. 17. С. 144–189.
- Герб М.А., Соколов А.А. 2011. Прибрежно-водная и береговая растительность Куршского залива в пределах национального парка «Куршская коса». *Сборник научных статей* «Проблемы изучения и охраны природного и культурного наследия национального парка “Куршская коса”». Калининград: Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта. Вып. 7. С. 5–18.
- Дедкова В.П., Гришанова Г.В.. 2010. Красная книга Калининградской области. Калининград: Изд-во РГУ им. И. Канта. 333 с.
- Катанская В.М. 1981. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР: Методы изучения. Ленинград: Наука. 187 с.
- Кубилюте А., Станкявичус А. 2001. Зарастание северной части Куршского залива макрофитами и их влияние на распределение макрозообентоса. *Тезисы докладов VIII съезда Гидробиологического общества РАН*. Калининград. Т. 1. С. 291–292.
- Лапиров А.Г. 2003. Экологические группы растений водоемов. *Материалы Школы по гидробиологии* «Гидробиология: Методология, методы». Рыбинск. С. 5–19.
- Маевский П.Ф. 2014. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. Москва: Товарищество научных изданий КМК. 635 с.
- Меньшенин А.С., Новожилов О.А., Ляхов А.В. 2024. Мониторинг высшей водной растительности Куршского залива с использованием данных ДЗЗ. *Материалы XII Международного Балтийского морского форума*. В 6 т. Калининград: Калининградский государственный технический университет. Т. 3. С. 215–218.
- Меньшенин А.С., Новожилов О.А. 2024. Высшая водная растительность северо-восточной части Куршского залива. *Материалы IV Международной научно-практической конференции* «Биологическое разнообразие: изучение, сохранение, восстановление, рациональное использование» (Керчь). Симферополь: Ариал. С. 274–278.

- Меньшенин А.С., Шибяев С.В. 2023. Исследования особенностей видовой структуры ихтиоценоза в биотопах макрофитов Куршского залива. *Тезисы международной научно-практической конференции «Современные методы оценки и рационального использования водных биологических ресурсов»*. Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии. С. 90–92.
- Минкявичус А., Пипинис Й. 1959. Обзор флоры и растительности залива Куршю Марес. *Итоги комплексного исследования «Куршю марес»*. Вильнюс: Академия наук ЛитССР. С. 109–116.
- Папченков В.Г. 2001. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль: МУБиНТ. 214 с.
- Папченков В.Г. 2003а. Доминантно-детерминантная классификация водной растительности. *Материалы Школы по гидробиологии «Гидробиология: методология, методы»*. Рыбинск. С. 126–131.
- Папченков В.Г. 2003б. Продукция макрофитов и методы ее изучения. *Материалы Школы по гидробиологии «Гидробиология: методология, методы»*. Рыбинск. С. 137–145.
- Савиных Н.П. 2003. О жизненных формах водных растений. *Материалы Школы по гидробиологии «Гидробиология: методология, методы»*. Рыбинск. С. 39–48.
- Савиных Н.П. 2010. О подходах к классификации водных растений. Биологические типы Христена Раункиера и современная ботаника. *Материалы Всероссийской научной конференции «Биоморфологические чтения к 150-летию со дня рождения Х. Раункиера»*. Киров: Издательство Вятского государственного гуманитарного университета. С. 179–185.
- Сведения об улове рыбы и добыче других водных биоресурсов за январь – декабрь 2024 года. URL: https://fish.gov.ru/wp-content/uploads/2025/03/1p_01-12_2024.pdf (дата обращения: 15.06.2025).
- Серебряков И.Г. 1964. Жизненные формы высших растений и их изучение. В кн. Полевая геоботаника. Москва; Ленинград: Наука. Т. 3. С. 148–208.
- Тоотс М.А., Губарева И.Ю. 2001. Флора и растительность водных и прибрежно-водных растений Куршского залива (в пределах национального парка «Куршская коса»). *Отчет о НИР по теме «Комплексный гидробиологический мониторинг Куршского залива в НП «Куршская коса»*. Калининград.
- Трайнаускайте И.Ю. 1977. Водная растительность залива Куршю Марес. *Сборник статей «Физиолого-биохимические основы развития планктонных организмов в северной части залива Куршю Марес»*. Вильнюс: Институт ботаники. С. 61–73.
- Федотов Ю.П. 2011. Флора болот Брянской области. Брянск: Группа компаний «Десяточка». 153 с.
- Фельдман М.В. 2007. Макрофитные сообщества как индикаторы антропогенного влияния на прибрежную зону Куршского залива. *Сборник материалов по изучению Куршской косы*. Калининград. С. 192–201.
- Хромов В.М. 2006. Соотношение продукционно-деструкционных характеристик фитопланктона, эпифитона, макрофитов. *Тезисы докладов IX съезд Гидробиологического общества РАН*. Т. 2. Тольятти. С. 221.
- Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). Санкт-Петербург: Мир и семья. 992 с.
- Aleksandrov S.V. 2010. Biological production and eutrophication of Baltic Sea es-

tuarine ecosystems: The Curonian and Vistula Lagoons. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 61. № 4–6. P. 205–210.

REFERENCES

- Bagirov N.E., Ezhova E.E., Lange E.K. 2021. Results of ecological monitoring of the coastal zone of the Curonian Lagoon in the territory of the "Curonian Spit" National Park in 2020. *Problems of studying and protecting the natural and cultural heritage of the Curonian Spit National Park*. Kaliningrad: Publishing House of Immanuel Kant Baltic Federal University. Vol. 17. P. 144–189 (in Russian).
- Gerb M.A., Sokolov A.A. 2011. Coastal-water and shore vegetation of the Curonian Lagoon within the Curonian Spit National Park. *Problems of studying and protecting the natural and cultural heritage of the Curonian Spit National Park*. Kaliningrad: Publishing House of Immanuel Kant Baltic Federal University. Vol. 7. P. 5–18 (in Russian).
- Dedkov V.P., Grishanov G.V. 2010. Red Book of the Kaliningrad Region. Kaliningrad: Publishing House of Immanuel Kant Baltic Federal University. 333 p. (in Russian).
- Katanskaya V.M. 1981. Higher aquatic vegetation of continental water bodies of the USSR: Methods of study. Leningrad: Nauka Publ. 187 p. (in Russian).
- Kubilyute A., Stankevicius A. 2001. Overgrowth of the northern part of the Curonian Lagoon by macrophytes and their influence on the distribution of macrozoobenthos. *Abstracts of the VIII Congress of the Russian Hydrobiological Society*. Kaliningrad. Vol. 1. P. 291–292 (in Russian).
- Lapirov A.G. 2003. Ecological groups of aquatic plants. Hydrobotany: methodology, methods: *Materials of the Hydrobotany School*. Rybinsk. P. 5–19 (in Russian).
- Maevsky P.F. 2014. Flora of the central belt of the European part of Russia. 11th ed. Moscow: KMK Scientific Press. 635 p. (in Russian).
- Menshenin A.S., Novozhilov O.A., Lyaikhov A.V. 2024. Monitoring of higher aquatic vegetation Curonian Lagoon using remote sensing data. *Proceedings of the XII International Baltic Sea Forum*: in 6 volumes. Kaliningrad: Kaliningrad State Technical University Publ. Vol. 3. P. 215–218 (in Russian).
- Menshenin A.S., Novozhilov O.A. 2024. Higher aquatic vegetation of the north-eastern part of the Curonian Lagoon. *Materials of the IV International Scientific and Practical Conference "Biological Diversity: Study, Conservation, Restoration, Rational Use"* (Kerch). Simferopol: Arial Publ. 274–278 (in Russian).
- Menshenin A.S., Shibaev S.V. 2023. Research on the species structure of ichthyocenosis in macrophyte biotopes of the Curonian Lagoon. *Abstracts of the International Scientific and Practical Conference "Modern methods for assessing and rational use of aquatic biological resources"*. Moscow: VNIPO Publ. P. 90–92 (in Russian).
- Minkevicius A., Pipinis J. 1959. Review of the flora and vegetation of the Curonian Lagoon. Curonian Lagoon. *Results of a comprehensive study*. Vilnius: Publishing House of the Academy of Sciences of the Lithuanian SSR. P. 109–116 (in Russian).
- Papchenkov V.G. 2001. Vegetation cover of water bodies and watercourses of the Middle Volga region. Yaroslavl: Publishing House of CMP MUBiNT. 214 p. (in Russian).
- Papchenkov V.G. 2003a. Dominant-determinant classification of aquatic vegetation.

- Materials of the Hydrobotany School* "Hydrobotany: methodology, methods". Rybinsk. P. 126–131 (in Russian).
- Papchenkov V.G. 2003. Macrophyte production and methods of its study. *Materials of the Hydrobotany School* "Hydrobotany: methodology, methods". Rybinsk. P. 137–145 (in Russian).
- Savinykh N.P. 2003. On the life forms of aquatic plants. *Materials of the Hydrobotany School* "Hydrobotany: methodology, methods". Rybinsk. P. 39–48 (in Russian).
- Savinykh N.P. 2010. On approaches to the classification of aquatic plants. Biological types of Christen Raunkiaer and modern botany. *Materials of the All-Russian Scientific Conference* "Biomorphological Readings dedicated to the 150th anniversary of the birth of H. Raunkiaer". Kirov: Publishing House of Vyatka State Humanitarian University. P. 179–185 (in Russian).
- Information on fish catch and other aquatic bioresources for January–December 2024. URL: https://fish.gov.ru/wp-content/uploads/2025/03/1p_01-12_2024.pdf (accessed: 15.06.2025) (in Russian).
- Serebryakov I.G. 1964. Life forms of higher plants and their study. In: Field geobotany. Moscow; Leningrad: Nauka Publ. Vol. 3. P. 148–208 (in Russian).
- Toots M.A., Gubareva I.Yu. 2001. Flora and vegetation of aquatic and coastal-aquatic plants of the Curonian Lagoon (within the National Park "Curonian Spit"). *Research report on the topic* "Comprehensive hydro-biological monitoring of the Curonian Lagoon in the National Park "Curonian Spit". Kaliningrad (in Russian).
- Traunaukaite I.Yu. 1977. Aquatic vegetation of the Curonian Lagoon. *Physiological and biochemical bases for the development of planktonic organisms in the northern part of the Curonian Lagoon*. Vilnius: Institute of Botany, Academy of Sciences of the Lithuanian SSR. P. 61–73 (in Russian).
- Fedotov Yu.P. 2011. *Flora of the Bryansk Region Swamps*. Bryansk: "Desyatochka" Group of Companies. 153 p. (in Russian).
- Feldman M.V. 2007. Macrophyte communities as indicators of anthropogenic impact on the coastal zone of the Curonian Lagoon. *Materials for the study of the Curonian Spit*. Kaliningrad. P. 192–201 (in Russian).
- Khromov V.M. 2006. The ratio of production-destruction characteristics of phytoplankton, epiphyton, and macrophytes. *Abstracts of the IX Congress of the Hydrobiological Society of the Russian Academy of Sciences*. Tolyatti. Vol. 2. P. 221 (in Russian).
- Cherepanov S.K. 1995. Vascular plants of Russia and adjacent states (within the former USSR). St. Petersburg: Mir i Semya Publ. 992 p.
- Aleksandrov S.V. 2010. Biological production and eutrophication of Baltic Sea estuarine ecosystems: The Curonian and Vistula Lagoons. *Marine Pollution Bulletin*. Vol. 61. № 4–6. P. 205–210.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Меньшенин Александр Сергеевич – Калининградский государственный технический университет; 236022, Россия, Калининград; аспирант, заведующий лабораториями кафедры водных биоресурсов и аквакультуры; aleksandr.menshenin@klgtu.ru. SPIN-код: 6842-9483, Author ID: 1142532.

Menshenin Aleksandr Sergeevich – Kaliningrad State Technical University; 236022, Russia, Kaliningrad; Postgraduate Student, Head of the Laboratories of Aquatic Bioresources and Aquaculture Chair; aleksandr.menshenin@klgtu.ru. SPIN-code: 6842-9483, Author ID: 1142532.

Новожилов Олег Анатольевич – Калининградский государственный технический университет; 236022, Россия, Калининград; кандидат биологических наук, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры, директор института рыболовства и аквакультуры; oleg.novozhilov@klgtu.ru. SPIN-код: 5460-5132. Author ID: 166568.

Novozhilov Oleg Anatolyevich – Kaliningrad State Technical University; 236022, Russia, Kaliningrad; Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of Aquatic Biological Resources and Aquaculture Chair; Director of the Institute of Fisheries and Aquaculture; oleg.novozhilov@klgtu.ru. SPIN-code: 5460-5132. Author ID: 166568.

Статья поступила в редакцию 15.08.2025; одобрена после рецензирования 15.05.2026; статья принята к публикации 28.09.2026.

The article was submitted 15.08.2025; approved after reviewing 15.05.2026; accepted for publication 28.09.2026.

Для цитирования: Меньшенин А.С., Новожилов О.А. 2026. Высшая водная растительность российской части Куршского залива (Калининградская область). *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 77. С. 90–104. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2026-77-90-104>.

For citation: Menshenin A.S., Novozhilov O.A. 2026. Higher aquatic vegetation of the Russian part of the Curonian Lagoon (Kaliningrad region). *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 77. P. 90–104 (in Russian). <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2026-77-90-104>.

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

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

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

В рамках общих направлений предпочтение отдается следующим профилям:

- научно-информационное обеспечение развития технических систем, контроля природной среды и использования природных ресурсов;
- аквакультура и охрана водных биологических ресурсов и среды их обитания, воздействие природных и антропогенных факторов на состояние водных экосистем;
- пищевые технологии и рыбоперерабатывающая техника.

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

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

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

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

Направление рукописей

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

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

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

- согласие автора о передаче права на публикацию рукописи и распространение в российских и международных электронных базах данных (Приложение 2);
- согласие автора на обработку и передачу персональных данных (Приложение 3);
- акт экспертизы / экспертное заключение в форме, принятой в направляющей организации;
- разрешение на опубликование материалов от организации, в которой работает автор с подписью руководителя и печатью организации (для внешних авторов).

Рецензирование рукописей

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

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

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

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

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

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

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

Опубликование рукописей

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

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

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

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

Полнотекстовые электронные версии выпусков журналов размещаются в свободном доступе на сайте КамчатГТУ (<http://www.kamchatgtu.ru>) (тип лицензии CC BY 4.0), в Научной электронной библиотеке (НЭБ) (<http://elibrary.ru>).

Печатная версия журнала высылается по всем обязательным адресам рассылки.

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

Приложение 1

Анкета-заявка

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

Приложение 2

Согласие автора

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

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

автор рукописи _____

(название рукописи)

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

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

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

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

наименование
организации

должность

дата

подпись

расшифровка
подписи

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

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

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

(подпись)

(Ф. И. О. автора)

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ СТАТЕЙ

Объем

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

Рекомендуемая структура

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

Правила набора

Текстовый редактор – Microsoft Word / P7-Office, шрифт – Times New Roman / PT Astra Serif; 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 / LibreOffice Math. 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:

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

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

$$\begin{aligned} K1(y_j \min) &\leq K1(y_j) \leq K1(y_j \max), \\ K2(y_j \min) &\leq K2(y_j) \leq K2(y_j \max). \end{aligned} \quad (2)$$

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

REFERENCES

- Alfimov N.N., Petrov Yu.E. 1972. On the biological and biochemical characteristics of some kelp and fuclean algae (Phaeophyta) of Bering Island (Commander Islands). *Botanicheskiy zhurnal (Botanical Journal)*. Vol. 57. № 6. P. 697–700 (in Russian).
- 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 (in Russian).
- Bogdanov V.D., Safronova T.M. 1993. Structuring agents and fish compositions. Moscow: VNIRO-press. 172 p. (in Russian).
- 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. (in Russian).
- 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 biomedicinal technologies using biologically active additives”*. Vladivostok. P. 10–12. (in Russian).
- Vyalkov A.N., Kozlov V.K., Bobrovnikitskiy A.I. et al. 2008. Seaweed in rehabilitation medicine, complex therapy of metabolic diseases. Moscow: MDV. 156 p. (in Russian).
- 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. (in Russian) (in Russian).
- 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 (in Russian).
- Ogorodnikov B.C. 2007. Algae-macrophytes from the Northern Kuril Islands. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Petropavlovsk-Kamchatsky. 25 p. (in Russian).
- 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.) (in Russian).
- Pyancova A.S. 2012. Production and utilization of brown algae polysaccharides. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 20. P. 62–66 (in Russian).

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 в международных базах научного цитирования.**

Образец оформления информации об авторах

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ключкова Татьяна Андреевна – Камчатский государственный технический университет; 683003, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук, профессор кафедры «Экология и природопользование»; tatyana_algae@mail.ru. SPIN-код: 7534-7736, Author ID: 664379; Scopus ID: 12792241800; Researcher ID R-5087-2016; ORCID 0000-0002-7584-1774.

Klochkova Tatyana Andreevna – Kamchatka State Technical University; 683003, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences, Professor of Ecology and Nature Management Chair; tatyana_algae@mail.ru. SPIN-code: 7534-7736, Author ID: 664379; Scopus ID: 12792241800; Researcher ID R-5087-2016; ORCID 0000-0002-7584-1774.

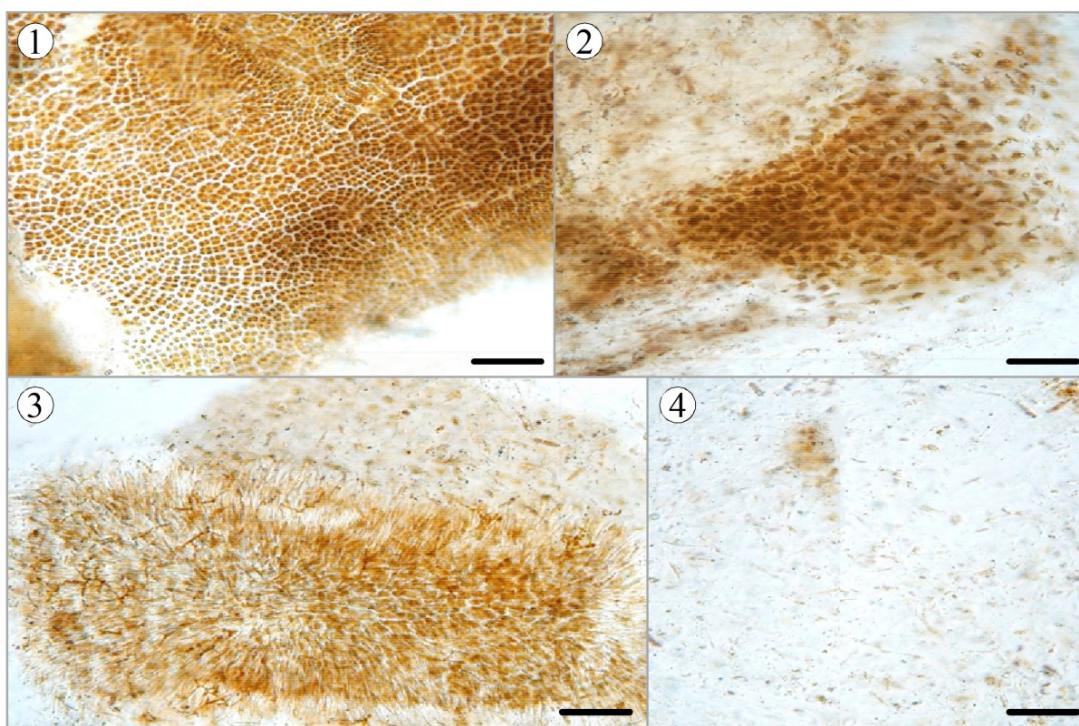


Рис. 1. Последовательность мацерации тканей *Saccharina bongardiana*: 1 – разделение дорсальной и вентральной половин слоевища и разрыхление корового слоя; 2 – разрыхление и дезинтеграция клеток меристодермы и ме-дуллярной ткани; 3 – фрагмент соруса спорангиев с дезинтегрированными зооспорами и парафизами; 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 biogel at the end of preparation. Broken filaments of the medullar tissue, individual paraphyses and zoosporangia, small clusters of meristoderm cells are visible. Scale: 100 µm (1, 3, 4), 50 µm (2)

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

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

Этап варки	Время варки (минут)	Средние размеры частиц (мм)	Характеристика изменений
1	10	4,01	Частицы плотные, целостные, без разделения на дорсальную и вентральную части
2	20	3,82	Частицы с начавшимся разделением на дорсальную и вентральную части. Наблюдается дробление крупных частиц
3	25	3,05	Продолжающийся процесс разрушения крупных частиц и расслоения пластины
4	30	2,6	Полное расслоение пластины, дезинтеграция клеток 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. Ключкова

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

Адрес редакции, издателя:

683003, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Ключевская, 35
Тел. (4152) 300-953, (4152) 300-933
E-mail: kamchatgtu@kamchatgtu.ru
www.kamchatgtu.ru

Дата выхода в свет 30.09.2026 г.
Формат 60*84/8. Печать цифровая. Гарнитура РТ Astra Serif
Авт. л. 7,60. Уч.-изд. л. 9,25. Усл. печ. л. 13,95
Тираж 500 экз. Заказ № 342926

Цена свободная

Отпечатано в типографии «Строки» (ИП Волков А.Е.)
394086, г. Воронеж, ул. Любы Шевцовой, д. 34

ISSN 2079-0333



9 772079 033418 >