

ISSN 2079-0333

**ВЕСТНИК
Камчатского
государственного
технического
университета**



Научный
журнал

Основан в 2002 г.

16+

ВЫПУСК

66

2023

Издательство



КамчатГТУ

Петропавловск-Камчатский

ISSN 2079-0333

ВЕСТНИК Камчатского государственного технического университета



**Научный
журнал**

Основан в 2002 г.

Bulletin of Kamchatka State Technical University

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

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

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

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

ВЫПУСК

66

2023

Петропавловск-Камчатский

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

Климова А.В.	кандидат биологических наук, заведующий сектором коллективного использования научного оборудования научно-образовательного центра «Экология и природопользование» Камчатского государственного технического университета
Клочкова Н.Г.	доктор биологических наук, главный научный сотрудник Камчатского филиала Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской академии наук
Лобков Е.Г.	доктор биологических наук, профессор кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета
Максимова С. Н.	доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии продуктов питания Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета
Манаков Ю.А.	доктор биологических наук, заместитель директора по научной деятельности Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук
Потапов В.В.	доктор технических наук, главный научный сотрудник Научно-исследовательского геотехнологического центра Дальневосточного отделения Российской академии наук
Приходько Ю.В.	доктор технических наук, профессор, профессор Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» Дальневосточного федерального университета
Седова Н.А.	доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры водных биоресурсов, рыболовства и аквакультуры Камчатского государственного технического университета
Сенкевич Ю.И.	доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Института космических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук
Токранов А.М.	доктор биологических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник Камчатского филиала Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской академии наук
Усов А.И.	доктор химических наук, главный научный сотрудник Института органической химии имени Н.Д. Зелинского Российской академии наук
Швецов В.А.	доктор химических наук, доцент, профессор кафедры энергетических установок и электрооборудования судов Камчатского государственного технического университета

EDITORIAL BOARD

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

Klimova A.V.	Candidate of Biological Sciences, Head of Sector of Collective Use of Scientific Equipment of the Scientific and Educational Center “Ecology and Nature Management”, Kamchatka State Technical University
Klochkova N.G.	Doctor of Biological Sciences, Chief Scientific Researcher of Kamchatka Branch of the Pacific Institute of Geography of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
Lobkov E.G.	Doctor of Biological Sciences, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair, Kamchatka State Technical University
Maksimova S.N.	Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Food Technology Chair of Far Eastern State Technical Fisheries University
Manakov Yu.A.	Doctor of Biological Sciences, Director Deputy for Scientific work of Siberian Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of Russian Academy of Sciences
Potapov V.V.	Doctor of Technical Sciences, Chief Scientific Researcher of Research Geotechnological Center of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
Prikhodko Yu.V.	Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Advanced Engineering School “Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems”, Far Eastern Federal University
Sedova N.A.	Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of Water Bioresources, Fishery and Aquaculture Chair, Kamchatka State Technical University
Senkevich Y.I.	Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Scientific Researcher of Institute of Cosmophysical Research and Radio Waves Propagation of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
Tokranov A.M.	Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher, Chief Scientific Researcher of Kamchatka Branch of the Pacific Institute of Geography of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
Usov A.I.	Doctor of Chemical Sciences, Chief Scientific Researcher of N.D. Zelinsky Institute of Organic Chemistry of Russian Academy of Sciences
Shvetsov V.A.	Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Professor of Power Plants and Electrical Equipment of Ships Chair, Kamchatka State Technical University

Содержание

РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Мошарова М.Э., Титова И.М., Наумов В.А.

Моделирование рецептур рыбных формованных полуфабрикатов с использованием вторичного сырья сокового производства.....	8
--	---

Садыгова М.К., Абушаева А.Р., Осыка И.А.,

Карпенко Р.С., Турсунбаева Ш.А.

Композитные смеси для производства хлебных палочек и их реологический профиль.....	18
---	----

Клочкова Н.Г., Клочкова Т.А.

Деструкция тканей бурой водоросли <i>Saccharina latissima</i> (Laminariales, Ochrophyta) для получения альгинатсодержащего геля.....	29
---	----

РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Матвеев А.А., Терентьев Д.А.

Рогатковые (Cottidae) рыбы западнокамчатского шельфа, современное состояние их промысла и переработки	41
--	----

Климова А.В., Матвеев А.А., Клочкова Т.А., Клочкова Н.Г.

Находки ламинариевых и других водорослей в уловах донным тралом и ярусом у западного побережья Камчатки в 2018–2023 гг.	58
---	----

Гончаров Б.И., Лебедько М.В.

Возможность использования трихлоруксусной кислоты для ацетолiza пыльцевых зерен при мелиссопалинологическом анализе	80
--	----

Правила направления, рецензирования и опубликования рукописей статей.....	88
---	----

Правила оформления рукописей статей.....	92
--	----

Авторский указатель статей, опубликованных в журнале «Вестник КамчатГТУ» в 2023 году (№ 63–66).....	99
--	----

Contents

SECTION I. TECHNICAL SCIENCES

Mosharova M.E., Titova I.M., Naumov V.A.	
Modeling of recipes for molded semi-finished fish products using secondary raw materials of juice production	8
Sadygova M.K., Abushaeva A.R., Osyka I.A., Karpenko R.S., Tursunbayeva Sh.A.	
Composite mixtures for breadsticks production and their rheological profile	18
Klochkova N.G., Klochkova T.A.	
Tissue destruction in the brown kelp seaweed <i>Saccharina latissima</i> (Laminariales, Ochrophyta) for obtaining an alginate-containing gel	29

SECTION II. BIOLOGICAL SCIENCES

Matveev A.A., Terentiev D.A.	
Cottidae fish of western Kamchatka shelf, the current state of their fishing and processing.....	41
Klimova A.V., Matveev A.A., Klochkova T.A., Klochkova N.G.	
Record of laminariacean algae and other macrophytes at bottom trawl and longline surveys on the western coast of Kamchatka in 2018–2023.....	58
Goncharov B.I., Lebedko M.V.	
The possibility of using trichloroacetic acid for acetolysis of pollen grains in melissopalynological analysis	80
Regulations for manuscript preparation, review and publication.....	88
Manuscripts guidelines.....	92
Author index of articles published in the journal “Bulletin of Kamchatka State Technical University” in 2023 (№ 63–66).....	99

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЦЕПТУР РЫБНЫХ ФОРМОВАННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ СОКОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Мошарова М.Э., Титова И.М., Наумов В.А.

Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, ул. Советский проспект, 1.

При разработке рецептур рыбных формованных полуфабрикатов с использованием вторичного сырья сокового производства необходимо установить оптимальный состав фаршевой системы, обеспечивающий ее формуемость. Проведены исследования по моделированию рецептур рыбных формованных полуфабрикатов из фарша минтая с добавлением растительных порошков методом математического планирования эксперимента с использованием ортогонального центрального композиционного плана второго порядка для двух факторов. Установлено оптимальное содержание растительных порошков (яблочного, морковного и ягодного) в количестве 10% в среднем и время перемешивания фаршевой системы 6 минут, позволяющие получить рыбный полуфабрикат с высокими органолептическими показателями и оптимальным значением водоудерживающей способности, необходимой для обеспечения хорошей формуемости фарша.

Ключевые слова: вторичное сырье сокового производства, математическое планирование эксперимента, рыбный формованный полуфабрикат.

MODELING OF RECIPES FOR MOLDED SEMI-FINISHED FISH PRODUCTS USING SECONDARY RAW MATERIALS OF JUICE PRODUCTION

Mosharova M.E., Titova I.M., Naumov V.A.

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

When developing recipes for molded semi-finished fish products using secondary raw materials from juice production, it is necessary to establish the optimal composition of the minced fish system to ensure its formability. The researches on modeling the recipes of molded semi-finished fish products from minced pollock with the addition of vegetable powders by the mathematical experiment planning method using a second-order orthogonal central compositional plan for two factors were made. The optimal content of vegetable powders (apple, carrot and berry) was 10%, on average, and the mixing time of the minced system was 6 minutes. It allows to obtain a semi-finished fish product with high organoleptic characteristics and an optimal value of water-holding capacity necessary to ensure good formability of minced fish.

Key words: secondary raw materials of juice production, mathematical experiment planning, molded semi-finished fish product.

ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение населения России рыбной продукцией – важная народохозяйственная задача, программа выполнения которой основана на положениях Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 21.01.2010 № 20 и определяется показателями физической и экономической доступности продукции для каждого гражданина страны в объемах не менее рациональных норм потребления для активного и здорового образа жизни.

Экономическая доступность заключается в гарантии возможности приобретения населением качественной пищевой рыбной продукции по сложившимся ценам, которые в объемах и ассортименте соответствуют рекомендуемым рациональным нормам потребления.

В целях укрепления здоровья детского и взрослого населения, профилактики неинфекционных заболеваний, обусловленных недостатком микронутриентов, Минздравом России определена норма подушевого потребления рыбной продукции в Российской Федерации в количестве 22 кг в год на человека [Приказ Минздрава ...2016].

Согласно данным Росстата, уровень потребления рыбы и рыбной продукции в России продолжает снижаться. В 2022 г. этот показатель составил всего 19,2 кг на человека в год (в весе сырца) – на 10% меньше, чем годом ранее. В 2021 г. среднедушевое потребление рыбы находилось на уровне 21,2 кг, в 2020 г. – 20,2 кг, а за последние десять лет этот показатель снизился почти на 30% [Россияне ...].

Минздравом России приказом № 821 от 30 декабря 2022 года были внесены изменения в рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов,

отвечающих современным требованиям здорового питания, в частности норма потребления рыбы и рыбной продукции была повышена с 22 до 28 кг на человека в год. Повышение нормы потребления приведет к еще большему дефициту рыбной продукции в рационах населения страны.

Центр проектирования «Платформа», розничная торговая компания «X5 Group», некоммерческая организация «Рыбный союз» и Торгово-промышленная палата Российской Федерации в своем исследовании выявили, что в зависимости от возрастных групп ориентированность населения на потребление рыбной продукции существенно различается [Как увеличить ...].

Согласно данным исследования рыбная продукция, не требующая дополнительных усилий по ее разделке и приготовлению, более востребована среди молодежи. Так, у потребителей в возрасте 18–24 года основным видом потребляемой рыбной продукции являются полуфабрикаты – 61% – и готовые кулинарные изделия – 48%, в возрасте 25–44 года популярны рыбные полуфабрикаты – 60% – и свежемороженая рыба – 59%.

У зрелого потребителя, в возрасте старше 45 лет, в свою очередь большей популярностью пользуется охлажденная, мороженая и свежая (живая) рыба – 57%, а также соленая и копченая продукция – 61%.

Среди респондентов младшей возрастной группы (18–24 года) учеными выявлен дефицит рыбной продукции в 47%. С другой стороны, в среднем возрасте (25–44 года) доля респондентов, отметивших дефицит потребления рыбы, оказался выше (58%), в старшей возрастной группе (45 лет и старше) зафиксирован максимальный его уровень в 65%. На уровень потребления рыбной продукции среди различных групп населения оказывает влияние множество факторов, основными среди которых являются

высокая стоимость и неудовлетворенность ассортиментом.

Не менее важным фактором, снижающим уровень потребления продукции из водных биологических ресурсов в России, является низкое качество доступной рыбной продукции, на которое жалуются 67% опрошенных респондентов. Покупателей отталкивают неприглядный внешний вид и запах продукции, представленной в торговых сетях. Таким образом, факторы, ограничивающие рост потребления рыбной продукции, имеют не только экономические и возрастные характеристики, но и эстетические.

Санкционная политика недружественных стран оказала влияние на рыбную отрасль, что привело к повышению себестоимости рыбной продукции, в том числе за счет увеличения цен на ингредиенты и упаковку, и вызвало снижение потребительского спроса и, соответственно, уровня потребления, что снижает сбалансированность рациона питания человека.

Рыбная продукция становится менее доступной для социальных слоев населения, а отсутствие на рынке новых продуктов типа «ready to cook» (готовые к приготовлению) и «ready to eat» (готовые к употреблению), к которым относятся рыбные полуфабрикаты и кулинарные изделия, снижает интерес у молодого поколения, что также сказывается на уровне продаж.

Таким образом, можно сделать вывод, что главный приоритет в развитии рыбной промышленности – насыщение рынка качественной и разнообразной продукцией глубокой переработки, доступной по цене, что оказывает непосредственное влияние не только на продовольственную безопасность страны, но и на здоровье населения.

В торговых сетях Калининградской области ассортимент рыбных полуфабрикатов минимален и представляет собой преиму-

щественно котлеты, бургеры, пельмени, рыбные палочки и филе в панировке. Таким образом, вопрос о расширении ассортимента рыбных полуфабрикатов актуален.

В состав рыбных полуфабрикатов могут входить растительные масла (рапсовое, соевое), а также множество различных пищевых добавок, таких как красители, антиокислители, усилители вкуса. Значительная часть продукции содержит большое количество панировки, при этом доля рыбы, а соответственно, и животного белка, существенно снижается, что в свою очередь приводит к снижению пищевой и биологической ценности продукции.

Многие производители рыбных полуфабрикатов на основе фарша вносят в состав соевую и/или пшеничную муку, крахмал и другие структурообразующие добавки, с целью обеспечения необходимой формовости и водоудерживающей способности фаршевой системы, что также негативно сказывается на пищевой ценности продукта.

Согласно Стратегии повышения качества пищевой продукции Российской Федерации до 2030 года [Об утверждении ... 2016], значимым направлением является продвижение принципов здорового питания и разработка инновационных технологий глубокой переработки сельскохозяйственного сырья для получения новых видов специализированной, функциональной и обогащенной пищевой продукции.

В связи с этим предлагается использовать вторичное сырье сокового производства с высоким биопотенциалом в технологии рыбных формованных полуфабрикатов. Растительные порошки, полученные путем низкотемпературной сушки выжимок от производства сока прямого отжима, обладают высокой гигроскопичностью и могут выступать в качестве натурального структурообразователя в составе фаршевых полуфабрикатов и при этом повысить пищевую

и биологическую ценность продукта за счет пищевых волокон в своем составе.

Таким образом, целью исследования явилось моделирование рецептур рыбных формованных полуфабрикатов с использованием вторичного сырья сокового производства методом математического планирования эксперимента.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования явились модельные образцы рыбных формованных полуфабрикатов из минтая с использованием вторичного сырья сокового производства, изготовленные в соответствии с планом эксперимента.

Для установления оптимального количества растительного порошка применялся метод математического планирования эксперимента с использованием ортогонального центрального композиционного плана (ОЦКП) второго порядка для двух факторов [Мезенова, 2021].

Массовая доля растительного порошка, $M_{\text{пор}}$, % и продолжительность перемешивания фарша τ , мин являются частными факторами, оказывающие непосредственное влияние на качество формованного рыбного полуфабриката и подлежащие варьированию.

В таблице 1 представлены значения изменяемых факторов, их интервалы и пределы варьирования.

В качестве параметра оптимизации был выбран обобщенный показатель Y , включающий частные отклики: водоудерживающую способность фарша (ВУС) в % и органолептическую оценку рыбного формованного полуфабриката в баллах, идеальные числовые значения которых представлены в таблице 2. Совокупность данных откликов позволяет оценить качество рыбного формованного полуфабриката.

В таблице 3 представлена матрица ОЦКП второго порядка для двух факторов ($M = 2^k + 2k + n_0$; $N = 9$; $k = 2$; $n_0 = 1$).

Определение водоудерживающей способности (ВУС) проводилось методом влажного пятна (методика Грау и Хамма). Определение органолептической оценки проводили профильным методом по разработанной 5-балльной шкале в соответствии с ГОСТ 7631.

Математическую и графическую обработку данных осуществляли в стандартном пакете статистических функций Microsoft Excel-2016, Mathcad-2016, с применением общепринятых методов математической статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Моделирование рецептуры полуфабрикатов из минтая с использованием вторичного сырья сокового производства позволит установить оптимальные соотношения рыбного фарша и растительного компонента в составе, а также технологические параметры процесса перемешивания фаршевой системы.

Для подтверждения достоверности полученных результатов и их воспроизводимости произвели несколько серий параллельных опытов в рассматриваемой области изменения влияющих факторов [Пономарев, 2006].

Воспроизводимость опытов оценили, рассчитав значения критерия Кохрена для рыбного полуфабриката с добавлением яблочного порошка $G_p = 0,56$, с добавлением морковного порошка $G_p = 0,47$ и с добавлением ягодного порошка $G_p = 0,43$. Соответствующее табличное значение критерия Кохрена при доверительной вероятности $P = 0,95$ $G = 0,907$. Так как выполняется условие $G_p \leq G$, следовательно, оценки дисперсий можно считать однородными, а опыты воспроизводимыми.

В таблицах 4–6 представлены планы экспериментов по моделированию рецептур рыбного формованного полуфабриката

с добавлением вторичного сырья сокового производства, а также результаты их реализации.

Таблица 1. Изменяемые факторы, их интервалы и пределы варьирования

Table 1. Variable factors, their intervals and limits of variation

Факторы	Уровни			Интервал варьирования, ΔX
	+1	0	-1	
Продолжительность перемешивания фарша τ , мин	2	5	8	3
Массовая доля растительного порошка $M_{\text{пор}}$, %	5	10	15	5

Таблица 2. Частные отклики и их идеальные значения

Table 2. Partial responses and their ideal values

Наименование отклика	Размерность	Идеальное значение
Водоудерживающая способность (ВУС)	%	60
Органолептическая оценка (ОЦ)	балл	5

Таблица 3. Матрица ортогонального центрального композиционного плана второго порядка для двух факторов

Table 3. Second-order orthogonal central compositional plan matrix for two factors

Содержание плана	Номер опыта	X_0	X_1	X_2	X_1X_2	$X_1^2-2/3$	$X_2^2-2/3$	Y
План типа $2^2 = 4$	1	+1	+1	+1	+1	+1/3	+1/3	Y_1
	2	+1	-1	+1	-1	+1/3	+1/3	Y_2
	3	+1	+1	-1	-1	+1/3	+1/3	Y_3
	4	+1	-1	-1	+1	+1/3	+1/3	Y_4
«Звездные» точки с плечом $\alpha = 1$ $2k = 4$	5	+1	+1	0	0	+1/3	2/3	Y_5
	6	+1	-1	0	0	+1/3	2/3	Y_6
	7	+1	0	+1	0	-2/3	+1/3	Y_7
	8	+1	0	-1	0	-2/3	+1/3	Y_8
Нулевая точка $n_0 = 1$	9	+1	0	0	0	-2/3	-2/3	Y_9

Таблица 4. План эксперимента по моделированию рецептуры рыбного формованного полуфабриката с добавлением яблочного порошка и результаты его реализации

Table 4. Experiment plan for modeling the formulation of molded semi-finished fish product with the addition of apple powder and the results of its implementation

Номер опыта	План эксперимента		Частные отклики		Частные безразмерные отклики		Y	$\hat{Y}$
	t , мин	$M_{\text{пор}}$, %	ВУС, %	ОЦ, балл	$S_{\text{вус}}^2$	$S_{\text{оц}}^2$		
1	8	15	64,7	3,12	0,0061	0,1414	0,1475	0,1509
2	2	15	63,2	2,24	0,0028	0,3047	0,3075	0,2879
3	8	5	54,3	4,04	0,0090	0,0369	0,0459	0,0629
4	2	5	52,2	3,62	0,0169	0,0762	0,0931	0,0871
5	8	10	61,8	4,34	0,0009	0,0174	0,0183	0,0021
6	2	10	58,1	3,86	0,0010	0,0520	0,0530	0,0786
7	5	15	63,4	3,02	0,0032	0,1568	0,1600	0,1763
8	5	5	53,6	4,11	0,0114	0,0317	0,0431	0,0037
9	5	10	61,1	5	0,0003	0	0,0003	0,0048

Таблица 5. План эксперимента по моделированию рецептуры рыбного формованного полуфабриката с добавлением морковного порошка и результаты его реализации

Table 5. Experiment plan for modeling the formulation of a molded semi-finished fish product with the addition of carrot powder and the results of its implementation

Номер опыта	План эксперимента		Частные отклики		Частные безразмерные отклики		Y	$\hat{Y}$
	t, мин	M _{пор} , %	ВУС, %	ОЦ, балл	S ² _{ВУС}	S ² _{ОЦ}		
1	8	15	62,9	2,91	0,0023	0,1747	0,1771	0,1676
2	2	15	61,4	2,32	0,0005	0,2873	0,2878	0,2679
3	8	5	51,2	4,14	0,0215	0,0296	0,0511	0,0668
4	2	5	49,5	3,91	0,0306	0,0475	0,0781	0,0833
5	8	10	60,6	4,41	0,0001	0,0139	0,0140	0,0078
6	2	10	58,9	3,87	0,0003	0,0511	0,0514	0,0662
7	5	15	62,3	3,12	0,0015	0,1414	0,1428	0,1722
8	5	5	50,7	4,19	0,0240	0,0262	0,0503	0,0295
9	5	10	60	5	0	0	0	0,0086

Таблица 6. План эксперимента по моделированию рецептуры рыбного формованного полуфабриката с добавлением ягодного порошка и результаты его реализации

Table 6. Experiment plan for modeling the formulation of a molded semi-finished fish product with the addition of berry powder and the results of its implementation

Номер опыта	План эксперимента		Частные отклики		Частные безразмерные отклики		Y	$\hat{Y}$
	t, мин	M _{пор} , %	ВУС, %	ОЦ, балл	S ² _{ВУС}	S ² _{ОЦ}		
1	8	15	57,9	2,34	0,0012	0,2830	0,2842	0,2484
2	2	15	55,8	1,91	0,0049	0,3819	0,3868	0,3462
3	8	5	48,1	3,89	0,0393	0,0493	0,0886	0,1124
4	2	5	47,9	3,52	0,0407	0,0876	0,1283	0,1473
5	8	10	55,6	4,41	0,0054	0,0139	0,0193	0,0314
6	2	10	54,1	3,71	0,0097	0,0666	0,0762	0,0978
7	5	15	57,7	3,24	0,0015	0,1239	0,1254	0,2019
8	5	5	47,5	4,08	0,0434	0,0339	0,0773	0,0345
9	5	10	56,9	4,91	0,0027	0,0003	0,0030	0,0307

В соответствии с планом по каждому опыту получили экспериментальные значения частных параметров оптимизации (частных откликов) и рассчитали обобщенный параметр оптимизации.

Расчет обобщенного параметра оптимизации (Y) проводили по формуле (2), суммируя безразмерные частные отклики, рассчитанные по формуле (1) [Мезенова, 2011]:

$$S_i^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Y_{ui} - Y_{u0}}{Y_{u0}} \right)^2 \quad (1)$$

где Y_{u0} – наивысшее значение i -го отклика (идеал);

Y_{ui} – значение экспериментального частного отклика;

n – количество частных откликов.

$$Y_i = S_{вус_i}^2 + S_{оц_i}^2 \quad (2)$$

Далее, вычислив независимые коэффициенты, получили математические уравнения для рыбного полуфабриката с добавлением порошка яблочного (3), морковного (4) и ягодного (5), которые адекватно описывают функции отклика с заданными значениями уровней факторов, а также являются уравнениями с кодированными значениями:

$$y = 0,002 - 0,040X_1 + 0,072X_2 - 0,028X_1X_2 + 0,043X_1^2 + 0,109X_2^2; \quad (3)$$

$$y = 0,009 - 0,029X_1 + 0,071X_2 - 0,021X_1X_2 + 0,046X_1^2 + 0,109X_2^2; \quad (4)$$

$$y = 0,03 - 0,033X_1 + 0,084X_2 - 0,016X_1X_2 + 0,095X_1^2 + 0,149X_2^2. \quad (5)$$

Проанализировав уравнения с кодированными значениями уровней факторов, можно сделать вывод, что несколько более высокие значения второго фактора (X_2) – массовая доля растительного порошка – свидетельствуют о большем влиянии на качество рыбного полуфабриката, прежде всего на консистенцию изделий. Недостаточное количество растительного порошка отрицательно скажется на формуемости, а его избыток в составе полуфабриката приведет к сухой и крошливой консистенции и низким вкусовым качествам готового продукта.

Проверку адекватности модели проводим с применением критерия Фишера (F). При доверительной вероятности $p = 95\%$ табличное значение критерия Фишера составляет 6,16. По формуле (6) вычислим оценку дисперсии адекватности (остаточную дисперсию):

$$S_{ад}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{f}, \quad (6)$$

где Y_i – экспериментальные значения функции отклика,

$\hat{Y}_i$ – расчетные значения функции отклика.

Расчетное значение критерия Фишера находим по формуле (7):

$$F = \frac{S_{ад}^2}{S^2}, \quad (7)$$

где $S_{ад}^2$ – дисперсия адекватности,

S^2 – дисперсия параметра оптимизации.

Таким образом, при дисперсии адекватности 0,0006, 0,0004 и 0,0022 расчетный критерий Фишера равен 5,78, 1,99 и 4,31 для рыбных полуфабрикатов с добавлением яблочного, морковного и ягодного порошков соответственно. Таким образом, с соответствующей доверительной вероятностью полученные модели можно считать адекватными, так как расчетные значения критерия Фишера не превышают табличное.

Другим показателем, характеризующим адекватность модели, является коэффициент (индекс) детерминации. Индекс детерминации изменяется в диапазоне от 0 до 1 и показывает степень зависимости факторов в уравнении регрессии. Значения индекса близкие к нулю свидетельствуют об отсутствии зависимости между переменными. Рассчитали индекс детерминации по формуле (8):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}. \quad (8)$$

Получили значение индекса детерминации 0,953 для модели рыбного полуфабриката с добавлением яблочного порошка, 0,962 для модели рыбного полуфабриката с добавлением морковного порошка и 0,948 для модели рыбного полуфабриката с добавлением ягодного порошка.

В зависимости от количества опытов величина коэффициента детерминации может иметь систематическую ошибку. Чем меньше опытов n и больше количество факторов m , учитываемых в уравнении регрессии, тем больше вероятность ошибки. Поэтому рассчитали скорректированный коэффициент (индекс) детерминации по формуле (9):

$$R_{\text{корр}}^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n-1}{n-m-1}, \quad (9)$$

где n – количество опытов,

m – количество коэффициентов уравнения регрессии.

Скорректированный индекс детерминации для моделей рыбных формованных полуфабрикатов с добавлением яблочного, морковного и ягодного порошков составляет 0,81, 0,85 и 0,8 соответственно, что свидетельствует о высокой взаимосвязи между переменными и адекватности модели.

Далее преобразовали полученные ранее кодированные уравнения, подставив рассчитанные значения, выраженные через натуральные величины, и получили математические уравнение с натуральными значениями уровней факторов для рыбных формованных полуфабрикатов с добавлением яблочного (10), морковного (11) и ягодного (12) порошков.

$$y = 0,387 - 0,043\tau - 0,071M_{\text{пор}} - 0,028\tau M_{\text{пор}} + 0,00501\tau^2 + 0,00401M_{\text{пор}}^2; \quad (10)$$

$$y = 0,396 - 0,045\tau - 0,072M_{\text{пор}} - 0,0014\tau M_{\text{пор}} + 0,00501\tau^2 + 0,00402M_{\text{пор}}^2; \quad (11)$$

$$y = 0,68 - 0,11\tau - 0,097M_{\text{пор}} - 0,0011\tau M_{\text{пор}} + 0,0101\tau^2 + 0,0058M_{\text{пор}}^2. \quad (12)$$

Нашли оптимальные значения факторов, математически преобразовав полученные уравнение в натуральном виде: для рыбных полуфабрикатов с добавлением яблочного порошка массовая доля растительного порошка ($M_{\text{пор}}$) составляет 10,1%, а продолжительность перемешивания фаршевой систе-

мы 6,1 мин; для рыбных полуфабрикатов с добавлением морковного порошка массовая доля растительного порошка ($M_{\text{пор}}$) составляет 10,3% при продолжительности перемешивания фаршевой системы 5,9 мин; для рыбных полуфабрикатов с добавлением ягодного порошка массовая доля растительного порошка ($M_{\text{пор}}$) составляет 10,2%, а продолжительность перемешивания фаршевой системы – 6 мин.

На рисунках 1–3 представлены контурные графики поверхности функций отклика обобщенного параметра оптимизации (включающего такие характеристики, как ВУС фарша и органолептическую оценку полуфабриката) в зависимости от массовой доли порошка и времени перемешивания фарша для рыбных формованных полуфабрикатов с добавлением яблочного, морковного и ягодного порошков.

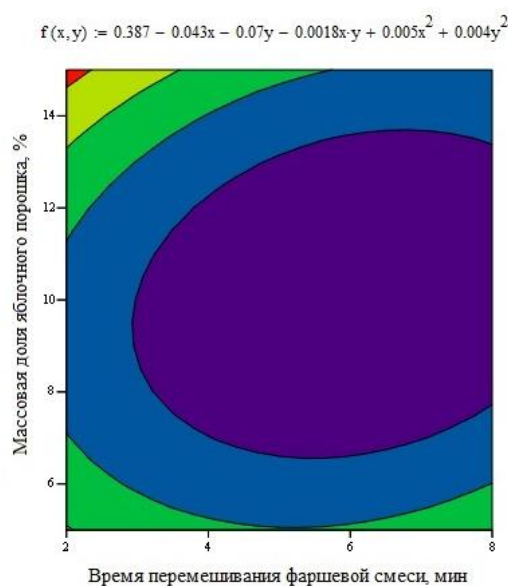


Рис. 1. Контурный график поверхности функции отклика обобщенного параметра оптимизации в зависимости от массовой доли порошка и времени перемешивания фарша для рыбного формованного полуфабриката с добавлением яблочного порошка

Fig. 1. Contour graph of the surface of the response function of the generalized optimization parameter depending on the mass fraction of powder and minced fish mixing time for a molded semi-finished fish product with the addition of apple powder

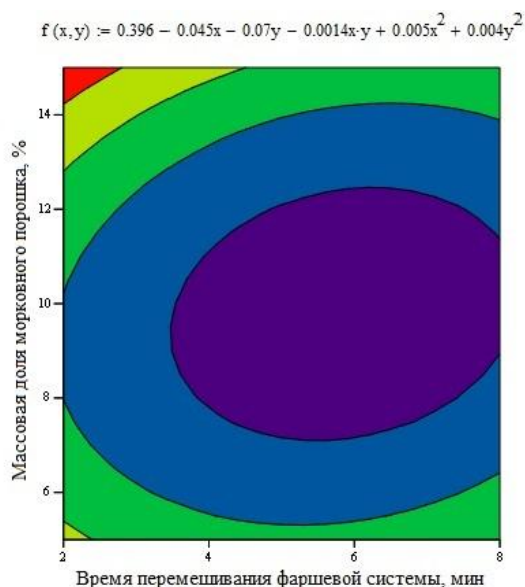


Рис. 2. Контурный график поверхности функции отклика обобщенного параметра оптимизации в зависимости от массовой доли порошка и времени перемешивания фарша для рыбного формованного полуфабриката с добавлением морковного порошка

Fig. 2. Contour graph of the surface of the response function of the generalized optimization parameter depending on the mass fraction of powder and minced fish mixing time for a molded semi-finished fish product with the addition of carrot powder

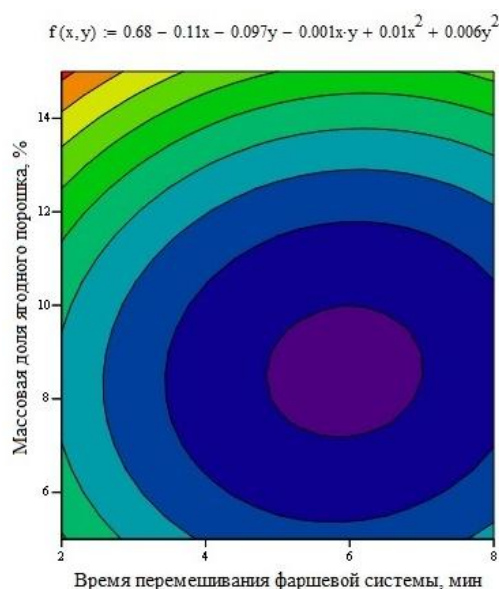


Рис. 3. Контурный график поверхности функции отклика обобщенного параметра оптимизации в зависимости от массовой доли порошка и времени перемешивания фарша для рыбного формованного полуфабриката с добавлением ягодного порошка

Fig. 3. Contour graph of the surface of the response function of the generalized optimization parameter depending on the mass fraction of powder and minced fish mixing time for a molded semi-finished fish product with the addition of berry powder

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное моделирование рецептур рыбных формованных полуфабрикатов с использованием вторичного сырья сокового производства на примере фарша минтая позволило установить, что для получения рыбных полуфабрикатов с высокими органолептическими характеристиками и хорошей формуемостью массовая доля растительного порошка в среднем составляет 10%, а продолжительность перемешивания фаршевой системы – 6 мин. Также установлено, что вид растительного порошка не оказывает значительного влияния на его количественные характеристики и время перемешивания фаршевой системы, что обеспечивает высокую технологичность предложенной технологии формованных полуфабрикатов.

ЛИТЕРАТУРА

- Как увеличить потребление рыбы в России? URL: <https://pltf.ru/wp-content/uploads/2021/07/kak-uvlichit-potreblenie-ryby-v-rossii.pdf> (дата обращения: 03.11.2023).
- Мезенова О.Я. 2021. Математическое моделирование в пищевой биотехнологии. Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ». 103 с.
- Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года. Распоряжение от 29 июня 2016 г. № 1364-р. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420363999> (дата обращения: 04.11.2023).
- Пономарев В.Б. 2006. Математическое моделирование технологических процессов. Курс лекций. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ. – 129 с.
- Приказ Минздрава России от 19.08.2016 № 614 (ред. от 01.12.2020) «Об утверждении рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания». URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71385784/> (дата обращения: 03.11.2023).
- Россияне отворачиваются от рыбы. URL: <https://fishnews.ru/news/48456> (дата обращения: 03.11.2023).

REFERENCES

- How to increase fish consumption in Russia? CSP "Platform". URL: <https://pltf.ru/wp-content/uploads/2021/07/kak-uvlichit-potreblenie-ryby-v-rossii.pdf> (accessed 03.11.2023) (in Russian).
- Mezenova O.Ya. 2021. Mathematical modeling in food biotechnology. Kaliningrad: FSBED HE "KSTU" Publ. 103 p. (in Russian).
- On approval of the strategy for improving the quality of food products in the Russian Federation until 2030: decree dated June 29, 2016 № 1364-r. URL: <http://docs.cntd.ru/document/420363999> (accessed 04.11.2023) (in Russian).
- Ponomarev V.B. 2006. Mathematical modeling of technological processes: a course of lectures. Ekaterinburg: SEI HPE USTU-UPI. – 129 p. (in Russian).
- Order of the Ministry of health of Russia dated August 19, 2016 № 614 (edited from 01.12.2020) "On approval of recommendations on rational standards for food consumption that meet modern requirements for a healthy diet". URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71385784/> (accessed 03.11.2023) (in Russian).
- Russians are turning away from fish. URL: <https://fishnews.ru/news/48456> (accessed 11.03.2023) (in Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Мошарова Маргарита Эдуардовна – Калининградский государственный технический университет; 236022, Россия, Калининград; ассистент кафедры технологии продуктов питания; margarita.mosharova@klgtu.ru. SPIN-код: 8332-8119, Author ID: 1127718

Mosharova Margarita Eduardovna – Kaliningrad State Technical University; 236022, Russia, Kaliningrad; Assistant of the Food Technology Chair; margarita.mosharova@klgtu.ru. SPIN-code: 8332-8119, Author ID: 1127718.

Титова Инна Марковна – Калининградский государственный технический университет; 236022, Россия. Калининград; кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой технологии продуктов питания; inna.titova@klgtu.ru. SPIN-код: 1676-6667, Author ID: 722866; Scopus ID: 57207189099.

Titova Inna Markovna – Kaliningrad State Technical University; 236022, Russia, Kaliningrad; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Food Technology Chair; inna.titova@klgtu.ru. SPIN-code: 1676-6667, Author ID: 722866; Scopus ID: 57207189099.

Наумов Владимир Аркадьевич – Калининградский государственный технический университет; 236022, Россия, Калининград; доктор технических наук, профессор, профессор кафедры техносферной безопасности и природообустройства; van-old@mail.ru. SPIN-код: 1788-8843, Author ID: 3113; Scopus ID: 16441812200.

Naumov Vladimir Arkadievich – Kaliningrad State Technical University; 236022, Russia, Kaliningrad; Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Technosphere Safety and Environmental Management Chair; van-old@mail.ru. SPIN-code: 1788-8843, Author ID: 3113; Scopus ID: 16441812200.

Статья поступила в редакцию 14.11.2023; одобрена после рецензирования 18.12.2023; статья принята к публикации 25.12.2023.

The article was submitted 14.11.2023; approved after reviewing 18.12.2023; accepted for publication 25.12.2023.

КОМПОЗИТНЫЕ СМЕСИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ХЛЕБНЫХ ПАЛОЧЕК И ИХ РЕОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ

Садыгова М.К.¹, Абушаева А.Р.¹, Осыка И.А.², Карпенко Р.С.¹, Турсунбаева Ш.А.³

¹ Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина, 4/3.

² Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока, г. Саратов, ул. Тулайкова, 7.

³ Алматинский технологический университет, г. Алматы, ул. Толе би, 100.

В данной статье с целью оптимизации рецептурных компонентов предлагается в рецептуре хлебных палочек использовать композитные смеси с гречневой и кукурузной мукой, мукой светлосерной ржи и овощными порошками. Реологический профиль полуфабрикатов исследовали на фаринографе. Повышенное содержание пищевых волокон в сырье удлиняло время набухания коллоидов, увеличивало время образования теста, но при этом ускоряло его разжижение. Однако это исключает такую технологическую операцию как натирка теста, облегчая процесс раскатки, при этом не требуется расстойка тестовых заготовок, что значительно сокращает технологический процесс. Обосновано применение в рецептуре хлебных палочек муки светлосерной ржи сорта «Солнышко», гречневой и кукурузной муки, овощных порошков, масла из черного тмина. Учитывая multifunctional свойства добавок, разработанные изделия расширяют ассортимент продукции специализированного назначения.

Ключевые слова: валориметрическая оценка, мука пшеничная общего назначения, мука светлосерной ржи, разжижение теста, смешительная способность, устойчивость теста, фаринограф, хлебные палочки.

COMPOSITE MIXTURES FOR BREADSTICKS PRODUCTION AND THEIR RHEOLOGICAL PROFILE

Sadygova M.K.¹, Abushaeva A.R.¹, Osyka I.A.², Karpenko R.S.¹, Tursunbayeva Sh.A.³

¹ Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Petr Stolypin Prosp., 4/3.

² Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region, Saratov, Tulakova Str. 7.

³ Almaty Technological University, Almaty, Tole bi Str., 100.

In this paper, in order to optimize the recipe components, we proposed using composite mixtures in production of bread sticks, which included buckwheat, corn flour, light rye flour, vegetable powders. We studied the rheological profile of semi-finished products from composite mixtures using a farinograph. The increased content of dietary fiber in the raw materials extended the swelling time of colloids, increased the time of dough formation, but at the same time accelerated its liquefaction. However, the technological operation such as rubbing the dough was eliminated, therefore facilitating the rolling process and not requiring proofing of dough pieces; altogether, the technological process was significantly reduced. The use of light-grain rye flour "Solnyshko", buckwheat and corn flour, vegetable powders, and black cumin oil in the recipe of bread sticks was justified. Taking into account the multifunctional properties of additives, the developed products would expand the range of products for specialized purposes.

Key words: calorimetric assessment, wheat flour for general purpose, light rye flour, dough liquefaction, mixing ability, dough stability, farinograph, bread sticks.

ВВЕДЕНИЕ

Одна из основных стадий технологического процесса приготовления хлебобулочных изделий – замес теста, сопровождающийся изменением физико-механических, коллоидных и биохимических процессов, соотношением и распределением жидкой, твердой и газообразной фаз, влияющих на его реологические свойства [Бец, Наумова, 2020; Фазылова и др., 2020]. Нерастворимые белковые вещества и полисахариды формируют твердую фазу пшеничного теста, водорастворимые белки, декстрины, полисахариды – жидкую фазу, и в зависимости от степени механической обработки и активности ферментных систем изменяется и механизм образования структуры теста [Романов, 2016, 2017; Конева, 2021]. На реологические свойства теста и качество хлеба оказывает влияние электрохимически активированная вода, поскольку в зависимости от источника активации электроны воды имеют пониженную или повышенную активность. Соответственно, применение активированной воды при замесе теста изменяет ферментативную атакуемость белковых веществ, в результате чего она проявляет свойства окислителя или восстановителя [Сокол, Атрошенко, 2019, Храпко и др., 2019].

Для реализации задач государственной программы Стратегии формирования здорового образа жизни населения с целью профилактики и контроля неинфекционных заболеваний необходимо в рецептурах продуктов питания снизить использование насыщенных жирных кислот на 30%, на 50% – частично гидрогенизированных растительных масел, на 10% – простых сахаров, что, предположительно, существенно отразится на здоровье населения [Иванова, Серегин, 2016; Ильина, Иунихина, 2016; Кочеткова и др., 2016].

В нашей работе мы предлагаем использовать в рецептуре хлебных палочек комбинированные смеси с гречневой, кукурузной мукой, мукой светлосерой ржи и овощными порошками.

Продукты переработки плодоовощного сырья находят широкое использование в технологии изготовления кондитерских изделий, других пищевых продуктов функционального назначения [Магомедов, 2016; Барабашина и др., 2021]. Преимуществом их применения являются низкая себестоимость, высокая пищевая и биологическая ценность, поскольку содержание функциональных ингредиентов составляет более 20% [Магомедов Г. и др., 2008; Магомедов М., 2016; Перфилова, 2019].

Отличительной особенностью гречневой муки является наличие в ее составе функционального ингредиента из группы флавоноидов – рутина, благотворно влияющего на сердечно-сосудистую систему [Никифорова, Хон, 2017; Пономарева и др., 2015; Кривошеев, 2018].

Саратовская селекция расширяет ресурсный потенциал регионального сырья для использования в технологии хлебобулочных, кондитерских и макаронных изделий. Выведенные ими сорта озимой светлосерой ржи «Памяти Бамбышева» и «Солнышко» отличаются светло-желтым цветом зерна, обладают высоким потенциалом для использования как в качестве плющенного зерна в зерносмесях для каш, так и для производства различных кондитерских изделий. В большинстве стран Западной Европы возделывают зеленосерые и светлосерые сорта озимой ржи, поэтому вырабатываются два основных сорта ржаной муки – белая или светлая (1) и темная (2). В России традиционно вырабатывается только темная ржаная мука, а светлую вырабатывают из белосерых (светлосерых) сортов ржи, позволяющих использовать

муку из цельнозернового зерна, наиболее богатую микроэлементами [Садыгова и др., 2023; Росляков, 2019, Ермолаева и др., 2013].

По нашим ранее опубликованным данным, в опытных образцах мучных кондитерских изделий, изготовленных на основе муки из зерна светлозерной ржи, содержание антиоксидантов увеличивалось в 3–4 раза, в отличие от контрольного образца из пшеничной муки [Садыгова и др., 2023]. Однако используемые нетрадиционные добавки в рецептуре хлебной палочки влияют на реологические свойства полуфабрикатов и готовых изделий, определяя их качество. В опытных образцах в качестве жирового компонента использовали масло черного тмина и изменили параметры расстойки, что придало изделию более эластичную структуру и позволило не осуществлять процесс отлежки и пропускания через натирочную машину для тестовых заготовок, благодаря чему появилась возможность сократить затраты на специализированное оборудование и упростить технологический процесс производства. Масло черного тмина способствует повышению иммунитета, благодаря чему является эффективным средством против аллергии, в частности экземы, крапивницы и аллергического ринита, что

позволяет отнести изделие к продуктам специализированного назначения.

Целью данной работы является оптимизация рецептурных компонентов в композитной смеси на основе реологического профиля для производства хлебных палочек. Мы оценили смесительную способность ингредиентов композитных смесей на основе реологического профиля на фаринографе и качество продукции путем пробной выпечки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в лаборатории кафедры «Технологии продуктов питания» Саратовского государственного университета генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова и в лаборатории качества зерна ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Восток». На фаринографе по ГОСТ ISO 5530-1-2013 определяли следующие показатели: водопоглотительную способность мучных смесей, время образования теста, консистенцию, устойчивость, степень разжижения через 10 мин после старта и через 12 мин после максимума. В качестве контрольного варианта использовался полуфабрикат из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта. Матрица проведения эксперимента представлена в таблице 1.

Таблица 1. Матрица вариантов эксперимента

Table 1. Matrix of the experimental variants

№ п/п	Вносимые ингредиенты						
	Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта	Мука светлозерной ржи	Мука пшеничная общего назначения	Кукурузная мука	Гречневая мука	Морковный порошок	Свекольный порошок
1	100	–	–	–	–	–	–
2	–	100	–	–	–	–	–
3	–	–	60	30	–	10	–
4	–	–	60	–	30	–	10
5	–	–	60	15	15	5	5

Контролем для хлебных палочек был рецептурный состав и технология изделий «Гриссини» из муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта. Тесто готовили безопасным способом влажностью 37%. Время первой расстойки занимало 60 мин, после чего осуществляли обминку в течение 7–10 мин, затем следовала вторая расстойка в течение 30 мин. Формовку выброженного теста осуществляли следующим образом: (1) для изделий из одного вида теста посредством его раскатывания до толщины пласта 5–7 мм и нарезания на полоски, которые формовали в виде спирали; (2) для изделия из двух видов теста посредством поочередного раскатывания двух видов теста, с последующим накладыванием пластов теста друг на друга и вкатыванием их до соединения. Выпечку изделий осуществляли на листах в печах в течение 9–13 минут при температуре 200–240°C с предварительной ошпаркой тестовых заготовок в течение 2–3 мин или без ошпарки. Готовые изделия охлаждали и упаковывали в полиэтиленовую пищевую пленку или другие упаковочные материалы. Число падения определяли на приборе ПЧП-7 по ГОСТ 27676. Готовые изделия оценивали по следующим физико-химическим показателям: массовая доля влаги по ГОСТ 5668-68 п. 5; массовая доля сахара в пересчете на сухое вещество по ГОСТ 5672-68 п. 2; массовая доля жира в пересчете на сухое вещество по ГОСТ 21094-75.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из значимых факторов, характеризующих хлебопекарные свойства зерна пшеницы, является активность амилолитических ферментов. Характеризует активность α -амилазы показатель «Число падения» (ЧП), значения его в исследуе-

мых вариантах опыта представлены на рисунке. Высокая автолитическая активность фермента α -амилазы приводит к образованию большого количества простых сахаров и декстринов, в результате водопоглотительная способность (ВПС) муки снижается и влияет на качество хлебного мякиша [Храпко и др., 2019]. Как видно из данных диаграммы (рис. 1), показатель ЧП был высоким (более 300 с) у всех вариантов, однако у варианта на основе муки светлозерной ржи оказался значительно ниже. При высокой активности фермента α -амилазы мякиш хлеба получается липким и влажным, однако при его отсутствии мякиш получается излишне сухим [Храпко и др., 2019]. Поскольку объект нашего исследования – хлебные палочки, в данном случае излишняя сухость является необходимой, чтобы изделия были хрустящими по своей консистенции.

Устойчивость теста (стабильность) по продолжительности – это время от максимальной точки его образования до начала разжижения [Черных и др., 2012; Маслов, 2022; Болдина, Сокол, 2014, Болдина и др., 2016]. Однако для сильной муки показатель «Разжижение теста» должен быть не более 80 ед. ф. По этому показателю все варианты уступают контрольному варианту. Согласно НД, обобщающий показатель для характеристики физических свойств теста – это величина площади, занимаемой фаринограммой [Мелешкина, 2016а, б; Туляков и др., 2016а, б; Никонорова, 2021; Анисимова, Солтан, 2017]. По этому показателю вышеуказанные варианты характеризуются как средние по качеству.

От правильности выбора режимов замеса теста изменяются его реологические свойства и зависит качество готового продукта. Фаринограф позволяет определить физические свойства теста, обусловленные сопротивлением механическому воздейст-

вию лопастей тестомесилки при замесе (табл. 2). По данным фаринограмм нами было установлено наличие существенных различий в реологических характеристиках образцов теста из различных композитных смесей, следовательно, существуют различия в механизмах образования этих полуфабрикатов.

Рецептурные ингредиенты композитных смесей, особенно внесение гречневой, кукурузной муки и овощных порошков,

повлияли на увеличение времени образования теста, что объясняется более продолжительной гидратацией пищевых волокон, вносимых с добавками, но при этом отличающихся высокими влагоудерживающими свойствами. Водопоглотительная способность варианта с гречневой мукой и свекольным порошком (вариант 4) оказалась на 22,6% больше, по сравнению с контрольным вариантом, а при многокомпонентной смеси (вариант 5) на 9,8% выше.

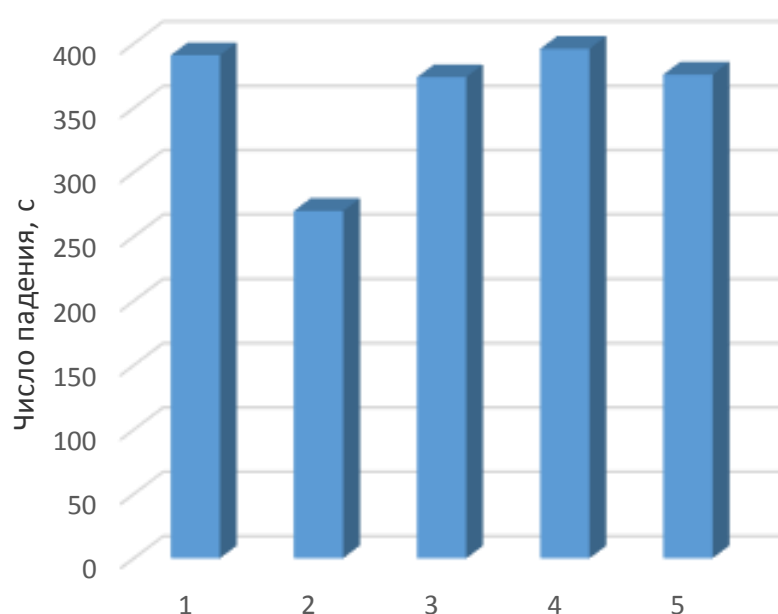


Рис. 1. Значение показателя «Число падения» (секунды) в разных вариантах эксперимента (см. табл. 1)

Fig. 1. Value of the indicator “Falling number” (seconds) occurring in different experimental variants (see table 1 for details)

Таблица 2. Показатели, полученные с помощью фаринографа

Table 2. Values obtained with pharynograph

№ п/п	Вносимые ингредиенты	ВПС, %	Время образования теста, мин	Устойчивость, мин	Разжижение, е. ф.	Число валориметра, е. в.
1	Контрольный образец (Мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта)	67,2	6,5	3,0	70	75
2	Мука светлозерной ржи	66,4	1,5	0,0	110	38
3	Мука пшеничная общего назначения, кукурузная мука, морковный порошок	66,2	9,0	0,5	105	73

Окончание табл. 2

The end of the Table 2

№ п/п	Вносимые ингредиенты	ВПС, %	Время образования теста, мин	Устойчивость, мин	Разжижение, е. ф.	Число валориметра, е. в.
4	Мука пшеничная общего назначения, гречневая мука, свекольный порошок	89,8	8,0	0,5	185	63
5	Мука пшеничная общего назначения, гречневая мука, кукурузная мука, морковный и свекольный порошки	77,0	8,0	0,0	250	63

При внесении добавок показатель устойчивости теста значительно ухудшался по сравнению с контрольным образцом, снижая устойчивость к механическому воздействию. Видимо, необходимо более продолжительное время для набухания коллоидов, способных образовывать твердую фазу теста. Однако степень разжижения теста повышалась в 3,5 раза у варианта 5 по сравнению с контрольным образцом. Очевидно, снижение вязкости теста с добавками с повышенным содержанием пищевых волокон обусловлено перераспределением влаги, которая в результате механического воздействия выделялась из набухших коллоидов и затем в свободной форме.

Показатель «Разжижение теста» у варианта с кукурузной мукой и морковным порошком равен 105 ед. ф. – по сравнению с другими опытными вариантами эксперимента он оказался ниже – характеризует тесто как более упругое, поэтому и валориметрическая оценка (73 е. в.) была выше по сравнению с другими вариантами, незначительно уступая контрольному образцу. В варианте 4 с гречневой мукой и свекольным порошком и в варианте 5 с композитной смесью показатель «Разжижение теста» был 185 е. ф. и 250 е. ф. соответственно, т. е. характеризует слабую структу-

ру теста. Валориметрическая оценка (63 е. в.) также подтверждает расслабление структуры теста.

Таким образом, в варианте 3 с кукурузной мукой и морковным порошком увеличиваются продолжительность и скорость набухания коллоидов, при этом время образования теста тоже увеличивается, однако впоследствии повышаются его качественная оценка и устойчивость в процессе замеса. Следовательно, пищевые волокна сырья оказывают влияние на формирование структуры теста, а именно на его упругость и растяжимость.

На основании проведенных исследований можно рекомендовать при использовании овощных порошков и кукурузной муки корректировать влажность теста, регулируя количество воды при замесе, а с повышением влажности увеличить продолжительность замеса и кислотность теста.

С учетом рекомендаций по ведению технологического процесса нами были приготовлены образцы хлебных палочек (табл. 3). При применении композитной смеси сочетание тестовых заготовок различного цвета придает изделиям привлекательный вид, введение цедры апельсина дает ощущение цитрусовых нот во вкусе и аромате, при этом вкус и аромат корне-

плодов не прослеживается. Введение морковного и свекольного порошка увеличивает содержание сахара за счет собственных сахаров сырья. Коэффициент набухаемости хлебных палочек опытных вариантов увеличивается по сравнению с контрольным вариантом до 2,2 усл. ед. При этом изделия хрупкие, легко разламываются.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нами установлено, что используемое сырье способствовало увеличению значения числа падения, придавая изделиям излишнюю сухость, но при этом обеспечивало соответствующую консистенцию – хрустящие свойства. Повышенное содержание пищевых волокон в сырье влияет на продолжительность набухания коллоидов, увеличивая время образования теста, при этом ускоряется его разжижение, однако это

исключает технологическую операцию – натирку теста, облегчая процесс раскатки. Расстойка тестовых заготовок при этом не требуется, что значительно сокращает технологический процесс.

Обосновано применение в рецептуре хлебных палочек муки светлозерной ржи сорта «Солнышко», гречневой и кукурузной муки, овощных порошков, масло из черного тмина. По органолептическим и физико-химическим показателям опытные образцы с морковным и свекольным порошком и их комбинации можно рекомендовать для внедрения в производство. Учитывая многофункциональные свойства добавок, разработанные изделия расширят ассортимент продукции специализированного назначения. Разработана и утверждена нормативно-техническая документация на хлебные палочки «Радужные» СТО, РЦ, ТИ СТО 00493497-038-2023.

Таблица 3. Физико-химические показатели качества хлебных палочек в разных вариантах эксперимента (см. табл. 1)

Table 3. Physical-chemical characteristics of the breadsticks quality in different experimental variants (see table 1 for details)

Варианты эксперимента				
				
Массовая доля влаги, %				
13,0 ± 0,4	8,5 ± 0,4	18,0 ± 0,4	20,5 ± 0,4	18,0 ± 0,2
Массовая доля сахара в пересчете на сухое вещество, %				
1,4 ± 0,7	2,6 ± 0,7	13,2 ± 0,5	9,9 ± 0,4	11,9 ± 0,5
Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, %				
3,9 ± 0,7	1,5 ± 0,7	8,7 ± 0,7	7,4 ± 0,7	8,0 ± 0,5

ЛИТЕРАТУРА

- Анисимова Л.В., Солтан О.И.А. 2017. Реологические свойства теста из смеси пшеничной и цельносмолотой овсяной муки. *Ползуновский вестник*. № 3. С. 9–13.
- Барабашина С.И., Глухарев А.Ю., Дубровин С.Ю. 2021. Влияние муки из виноградных косточек на качество паштета из креветок с растительными компонентами для геродиетического питания. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 63. С. 6–21.
- Бец Ю.А., Наумова Н.Л. 2020. Разработка сдобного изделия с применением цельнозерновой муки киноа белой. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 51. С. 35–39.
- Болдина А.А., Сокол Н.В., Санжаровская Н.С. 2016. Влияние рисовой муки на хлебопекарные свойства пшеничной муки. *Техника и технология пищевых производств*. Т. 40. № 1. С. 5–10.
- Болдина А.А., Сокол Н.В. 2014. Использование рисовой муки в качестве биологически активной добавки и изучение ее влияния на реологию теста. *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. С. 71–74.
- Ермолаева Т.Я., Нуждина Н.Н., Андреева Л.В. 2013. Достоинства светлозерной ржи «Памяти Бамбышева» и рекомендации к ее использованию. *Материалы VII Международной научно-практической конференции «Технологии и продукты здорового питания»*. Саратов: ФГБОУ ВПО Саратовский ГАУ». С. 49–52.
- Иванова В.Н., Серегин С.Н. 2016. Повышение качества пищевой продукции – ключевой приоритет реализации государственной политики Российской Федерации в области здорового питания. *Пищевая промышленность*. № 5. С. 8–14.
- Ильина О.А., Иунихина В.С. 2016. Развитие ассортимента хлеба для здорового питания – актуальная задача отрасли. *Хлебопродукты*. № 5. С. 18–20.
- Конева С.И. 2021. Технологические аспекты использования семян чиа при производстве хлебобулочных изделий. *Вестник КрасГАУ*. № 11. С. 198–204.
- Кочеткова А.А., Воробьева В.М., Воробьева И.С. и др. 2016. Теоретические и практические аспекты разработки специализированных пищевых продуктов для диетотерапии при сердечно-сосудистых заболеваниях. *Пищевая промышленность*. № 8. С. 52–54.
- Кривошеев А.Ю. 2018. Разработка технологии и нового ассортимента ахлоридных хлебобулочных изделий с использованием ферментных композиций направленного действия. *Диссертация ... канд. техн. наук*. Воронеж: ВГУИТ. 171 с.
- Магомедов М.Г. 2016. Научно-практическое обеспечение производства пищекопцентратов из фруктово-овощного сырья и продуктов функционального назначения на их основе. *Диссертация ... д-ра техн. наук*. Воронеж: ВГУИТ. Т. 1. 379 с.
- Магомедов Г.О., Магомедов М.Г., Вертяков Ф.Н. и др. 2008. Использование полуфабрикатов из сахарной свеклы в кондитерской отрасли. *Вестник ВГТА*. 2008. № 1. С. 60–64.
- Маслов А.В. 2022. Изучение влияния комплексной растительной добавки на свойства мучных смесей и пшеничного теста. *Техника и технология пищевых производств*. Т. 52. № 3. С. 511–525.
- Мелешкина Е.П. 2016а. Современные методы, средства и нормативы в области оценки качества зерна и зернопродуктов. *Сборник материалов 13-й Всероссийской научно-практической конференции*. КФ ФГБНУ «ВНИИЗ». Анапа. С. 4–9.
- Мелешкина Е.П. 2016б. О новых подходах к качеству пшеничной муки. *Контроль качества продукции*. № 11. С. 13–18.
- Никифорова Т.А., Хон И.А. 2017. Влияние гречневой муки на сохранение свежести хлеба. *Хлебопродукты*. № 6. С. 38–40.
- Никонорова Ю.Ю. 2021. Исследование реологических свойств теста и хлеба из смеси муки пшеничной высшего сорта и сорговой муки. *Вестник КрасГАУ*. № 4. С. 155–160.
- Перфилова О.В. 2019. Переработка вторичного фруктово-овощного сырья с использованием электрофизических методов: расширение ресурсного потенциала и ассортимента продуктов повышенной пищевой ценности, разработка инновационных технологических решений. *Диссертация ... д-ра техн. наук*. Воронеж: ВГУИТ. 349 с.
- Пономарева Е.И., Лукина С.И., Алехина Н.Н. 2015. Гречишные отруби – перспективное сырье для производства продуктов питания. *Хлебопродукты*. № 6. С. 42–43.
- Романов А.С., Ильина О.А., Краус С.В. и др. 2016. Хлеб и хлебобулочные изделия. Сырье, технологии, ассортимент. Москва: ДеЛи плюс. 539 с.
- Романов А.С., Давыденко Н.И., Шатнюк Л.Н. и др. 2017. Экспертиза хлебобулочных изделий. Под ред. В.М. Позняковского. Санкт-Петербург: Лань. 344 с.

- Росляков Ю.Ф. 2019. Исследование влияния ржаной обдирной муки на замедление черствения пшеничных кондитерских изделий. *Научные труды КубГТУ*. № 9. С. 474–485.
- Садыгова М.К., Кириллова Т.В., Ермолаева Т.Я. 2023. Светлозерная рожь Саратовской селекции: ресурсный и технологический потенциал для производства продуктов функционального назначения. Саратов: Изд-во «Амирит». 227 с.
- Сокол Н.В., Атрощенко Е.А. 2019. Исследование влияния электрохимически активированной воды на реологические свойства теста и качество хлеба. *Новые технологии*. 2019. Вып. 1(47). С. 170–177.
- Стратегия формирования здорового образа жизни населения, профилактики и контроля неинфекционных заболеваний на период до 2025 года. URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view> (дата обращения: 15.02.2023).
- Туляков Д.Г., Мелешкина Е.П., Витол И.С. и др. 2017а. Оценка муки из зерна тритикале на основе реологических свойств с использованием системы Миксолаб. *Хранение и переработка сельхозсырья*. № 1. С. 20–23.
- Туляков Д.Г., Мелешкина Е.П., Витол И.С. 2017б. Биохимические и реологические свойства в оценке разных видов муки. *Хлебопродукты*. № 6. С. 30–34.
- Фазылова Е.С., Наумова Н.Л., Еремина Ю.К. 2020. Французский багет с добавлением льняной муки. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 51. С. 40–45.
- Храпко О.П., Сокол Н.В., Санжаровская Н.С. и др. 2019. Исследование технологических свойств высокобелкового зерна пшеницы. *Новые технологии*. Вып. 2(48). С. 137–148.
- Черных В.Я., Родичева Н.В., Кроха А.А. и др. 2012. Технология приготовления пшеничного хлеба с добавлением морковного и тыквенного порошков. *Хлебопечение России*. № 4. С. 16–19.
- nicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 63. P. 6–21 (in Russian).
- Betz Y.A., Naumova N.L. 2020. Pastry product development with application of wholegrain quinoa white flour. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 51. P. 35–39 (in Russian).
- Boldina A.A., Sokol N.V., Sanzharovskaya N.S. 2016. The effect of rice flour on the baking properties of wheat flour. *Tekhnika i tehnologiya pishchevyh proizvodstv (Food Processing: Techniques and Technology)*. Vol. 40. № 1. P. 510 (in Russian).
- Boldina A.A., Sokol N.V. 2014. The use of rice flour as a dietary supplement and the study of its effect on the rheology of the dough. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University)*. № 3. P. 71–74 (in Russian).
- Ermolaeva T.Ya., Nuzhdina N.N., Andreeva L.V. 2013. Advantages of Bambyshv's light-grain rye and recommendations for its use. *Proceedings of the International scientific and practical conference "Technologies and healthy food products"*. Saratov. P. 49–52 (in Russian).
- Ivanova V.N., Seregin S.N. 2016. Improving the quality of food products is a key priority for the implementation of the state policy of the Russian Federation in the field of healthy nutrition. *Pishchevaya promyshlennost' (Food Industry)*. № 5. P. 8–14 (in Russian).
- Ilyina O.A., Iunikhina V.S. 2016. The development of a range of bread for a healthy diet is an urgent task of the industry. *Khleboprodukty (Bread Products)*. № 5. P. 18–20 (in Russian).
- Koneva S.I. 2021. Technological aspects of the use of chia seeds in the production of bakery products. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University)*. № 11. P. 198–204 (in Russian).
- Kochetkova A.A., Vorobyova V.M., Vorobyova I.S. et al. 2016. Theoretical and practical aspects of the development of specialized food products for diet therapy in cardiovascular diseases. *Pishchevaya promyshlennost' (Food Industry)*. № 8. P. 52–54 (in Russian).
- Krivosheev A.Yu. 2018. Development of technology and a new range of achloride bakery products using directed enzyme compositions. *Candidacy dissertation for technical sciences*. Voronezh. 171 p. (in Russian).
- Magomedov M.G. 2016. Scientific and practical justification for production of food concentrates

REFERENCES

- Anisimova L.V., Soltan Osama Ismail Ahmed. 2017. Rheological properties of dough from a mixture of wheat and whole-ground oat flour. *Polzunovskij vestnik (Polzunovsky Bulletin)*. № 3. P. 9–13 (in Russian).
- Barabashina S.I., Glukharev A.Yu., Dubrovin S.Y. 2021. The effects of grape seed flour on the quality of shrimp pate with the addition of herbal ingredients for the nutrition of the elderly. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 63. P. 6–21 (in Russian).

- from fruit and vegetable raw materials and functional products based on their use. *Doctorate dissertation for technical sciences*. Voronezh. Vol. 1. 379 p. (in Russian).
- Magomedov G.O., Magomedov M.G., Vertyakov F.N. et al. 2008. The use of semi-finished sugar beet products in the confectionery industry. *Vestnik Voronezhskoy gosudarstvennoy tekhnologicheskoy akademii (Bulletin of the Voronezh State Technological Academy)*. № 1. P. 60–64 (in Russian).
- Maslov A.V. 2022. To study the effect of a complex vegetable additive on the properties of flour mixtures and wheat dough. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyykh proizvodstv (Food Processing: Techniques and Technology)*. Vol. 52. № 3. P. 511–525 (in Russian).
- Meleshkina E.P. 2016a. The quality of Russian wheat grain: dynamics, features and problems. *Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference "Modern methods, tools and standards in the field of grain and grain products quality assessment"*. Anapa. P. 4–9 (in Russian).
- Meleshkina E.P. 2016b. About new approaches to the quality of wheat flour. *Kontrol' kachestva produktsii (Product Quality Control)*. № 11. P. 13–18 (in Russian).
- Nikiforova T.A., Khon I.A. 2017. The effect of buckwheat flour on the preservation of bread freshness. *Khleboproducty (Bread Products)*. № 6. P. 38–40 (in Russian).
- Nikonorova Yu.Yu. 2021. Investigation of rheological properties of dough and bread made from a mixture of premium wheat flour and sorghum flour. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University)*. № 4. P. 155–160 (in Russian).
- Perfilova O.V. 2019. Processing of secondary fruit and vegetable raw materials using electrophysical methods: expansion of the resource potential and assortment of products with increased nutritional value, development of innovative technological solutions. *Doctorate dissertation for technical sciences*. Voronezh. 349 p. (in Russian).
- Ponomareva E.I., Lukina S.I., Alyokhina N.N. 2015. Buckwheat bran is a promising raw material for food production. *Khleboproducty (Bread Products)*. 2015. № 6. P. 42–43 (in Russian).
- Romanov A.S., Ilyina O.A., Kraus S.V. et al. 2016. Bread and bakery products. Raw materials, technologies, assortment. Moscow: Delhi plus Publ. house. 539 p. (in Russian).
- Romanov A.S., Davydenko N.I., Shatnyuk L.N. et al. 2017. Expertise of bakery products. St. Petersburg: Lan Publ. 344 p. (in Russian).
- Roslyakov Yu.F. 2019. Investigation of the effect of rye floured flour on slowing down the staling of wheat confectionery products. *Nauchnye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta (Scientific Works of the Kuban State Technological University)*. № 9. P. 474–485 (in Russian).
- Sadygova M.K., Kirillova T.V., Ermolaeva T.Ya. 2023. Light-grain rye of Saratov selection: resource and technological potential for the production of functional products. Saratov: Amirit Publ. 227 p. (in Russian).
- Sokol N.V., Atroschenko E.A. 2019. Investigation of the effect of electrochemically activated water on the rheological properties of dough and the quality of bread. *Novye tekhnologii (New Technologies)*. Issue 1(47). P. 170–177 (in Russian).
- Strategy of formation of a healthy lifestyle of the population, prevention and control of non-communicable diseases for the period up to 2025. URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view> (accession date 15.02.2023) (in Russian).
- Tulyakov D.G., Meleshkina E.P., Vitol I.S. et al. 2017a. Evaluation of triticale grain flour based on rheological properties using the Mixolab system. *Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya (Storage and Processing of Farm Products)*. № 1. P. 20–23 (in Russian).
- Tulyakov D.G., Meleshkina E.P., Vitol I.S. 2017b. Biochemical and rheological properties in the evaluation of different types of flour. *Khleboproducty (Bread Products)*. № 6. P. 30–34 (in Russian).
- Fazylova E.S., Naumova N.L., Eremina J.K. 2020. French baguette with flax meal addition. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 51. P. 40–45 (in Russian).
- Khrapko O.P., Sokol N.V., Sanzharovskaya N.S. et al. 2019. Investigation of technological properties of high-protein wheat grain. *Novye tekhnologii (New Technologies)*. Issue 2(48). P. 137–148 (in Russian).
- Chernykh V.Ya., Rodicheva N.V., Krokha A.A. et al. 2012. Technology of making wheat bread with the addition of carrot and pumpkin powders. *Hlebopechenie Rossii (Bakery of Russia)*. № 4. P. 16–19 (in Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Садьгова Мадина Карипуловна – Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова; 410005, Россия, Саратов; доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Технологии продуктов питания»; sadigova.madina@yandex.ru. SPIN-код: 5579-0304, Author ID: 427241. Scopus ID: 57210968526.

Sadygova Madina Karipullovna – Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov; 410005, Russia, Saratov; Doctor of Technical Sciences, Docent, Professor of the Food Technology Chair; sadigova.madina@yandex.ru. SPIN code: 5579-0304, Author ID: 427241. Scopus ID: 57210968526.

Абушаева Асия Рафаильевна – Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова; 410005, Россия, Саратов; ассистент кафедры «Технологии продуктов питания»; asiyatugush@mail.ru. SPIN-код: 9059-3028, Author ID: 1144557.

Abushaeva Asia Rafailyevna – Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, 410005, Russia, Saratov; Assistant of the Food Technology Chair; asiyatugush@mail.ru. SPIN-code: 9059-3028, Author ID: 1144557.

Осыка Ирина Александровна – Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока; 410010, Россия, Саратов; кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории качества зерна; osyka.ira@mail.ru. SPIN-код: 3566-0853, Author ID: 877777.

Osyka Irina Alexandrovna – Federal Center of Agriculture Research of the South-East Region; 410010, Saratov, Russia; Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of the Grain Quality Laboratory; osyka.ira@mail.ru. SPIN-code: 3566-0853, Author ID: 877777.

Карпенко Роман Сергеевич – Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 410005, Россия, Саратов; магистрант; karpenkors95@mail.ru.

Karpenko Roman Sergeevich – Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov; 410005, Russia, Saratov; Master Student; karpenkors95@mail.ru.

Турсунбаева Шолпан Арыстанбековна – Алматинский технологический университет; 050012, Казахстан, Алматы; доктор философии (PhD); старший преподаватель; sh.tursunbaeva02@bk.ru.

Tursunbayeva Sholpan Arystanbekovna – Almaty Technological University; 050012, Republic of Kazakhstan, Almaty; Doctor of Philosophy (PhD); Senior Lecturer; sh.tursunbaeva02@bk.ru.

Статья поступила в редакцию 10.11.2023; одобрена после рецензирования 18.12.2023; статья принята к публикации 25.12.2023.

The article was submitted 10.11.2023; approved after reviewing 18.12.2023; accepted for publication 25.12.2023.

**ДЕСТРУКЦИЯ ТКАНЕЙ БУРОЙ ВОДОРОСЛИ
SACCHARINA LATISSIMA (LAMINARIALES, OCHROPHYTA)
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АЛЬГИНАТСОДЕРЖАЩЕГО ГЕЛЯ**

Клочкова Н.Г.¹, Клочкова Т.А.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.

Для получения альгинатсодержащего геля использовали собранные в сентябре фертильные двухлетние растения одного из наиболее массовых видов ламинариевых водорослей камчатского шельфа *Saccharina latissima*. Приведено описание анатомической организации использованных образцов, и проанализированы литературные данные по химическому составу камчатских представителей этого вида. Описаны этапы процесса дезинтеграции разных тканей, происходящие под воздействием термощелочной обработки, использованной для получения альгинатсодержащего геля, а также результаты контроля этого процесса, основанного на использовании микроскопической техники, необходимой для определения размерных характеристик кусочков водорослевой галерты и их внутреннего состояния. Для образования альгинатсодержащего геля без включений в него видимых в микроскопе агрегаций клеток размером 100–200 мкм достаточно 45 минут.

Ключевые слова: альгинатсодержащий гель, камчатский шельф, ламинариевые водоросли, *Saccharina latissima*.

**TISSUE DESTRUCTION IN THE BROWN KELP SEAWEED *SACCHARINA LATISSIMA*
(LAMINARIALES, OCHROPHYTA) FOR OBTAINING AN ALGINATE-CONTAINING GEL**

Klochkova N.G.¹, Klochkova T.A.²

¹ Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Partyzanskaya Str. 6. 5.

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

In this paper, in order to prepare an alginate-containing gel, we used fertile two-year-old plants of *Saccharina latissima* (samples collected in September), which is one of the most abundant kelp seaweed in Kamchatka. We discussed the anatomical organization of samples that we used and analyzed references on the chemical composition of this species from Kamchatka. We also described stages of the disintegration process of various tissues that occur under the influence of thermo-alkaline treatment used to obtain alginate-containing gel, and also results of monitoring this process, based on the use of microscope to determine the size of pieces of algal gel and their internal state. As shown, it takes 45 minutes to prepare an alginate-containing gel without inclusion of cell aggregations of 100–200 µm in size, which are visible under a microscope.

Key words: alginate-containing gel, Kamchatka shelf, laminariacean seaweeds, *Saccharina latissima*.

ВВЕДЕНИЕ

Бурые водоросли, благодаря их широкому распространению в прибрежных водах арктически-бореальных широт, высокой биомассе и значительным промысловым запасам, являются наиболее ценным морским растительным ресурсом. Особое место среди них занимают представители порядка *Laminariales*. Интерес к их использованию обусловлен их значимостью как альгохимического и пищевого сырья, содержащего ценные нутриенты с ярко выраженными медико-биологическими свойствами [Перервенко и др., 2023]. Они определяются наличием у ламинариевых уникальных биологически активных полисахаридов. Так, альгиновая кислота, не встречающаяся у других живых организмов, и ее соли избирательно связывают радионуклиды и являются безвредным и эффективным радиозащитным средством, не нарушающим кальциевый обмен в организме человека. Натриевая соль альгиновой кислоты обладает гемостатическими и обволакивающими свойствами и используется при лечении гастритов и язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки [Разумов и др., 2004].

Накапливаемый ламинариевыми сульфатированный полисахарид фукоидан обладает противоопухолевой и антиметастатической активностью [Жанаева, 2009; Анисимова и др., 2015], проявляет антибактериальное, противовирусное и антифунгальное действие [Анастюк и др., 2014; Беседнова, 2021], повышает функциональную активность нейтрофилов, проявляет свойства модуляторов продукции цитокинов, стимулирует фагоцитоз и кислородзависимые механизмы бактерицидности макрофагов, демонстрирует антикоагулянтную активность [Кусайкин, 2019]. Кроме названных соединений ламинариевые содер-

жат в своем составе ламинаран, маннит и целый ряд других биологически активных низкомолекулярных соединений, в том числе таких необходимых для функционирования и защиты организма, как витамины, полиненасыщенные жирные кислоты, фенолы и др.

Большой объем производства в мире полисахаридов из бурых водорослей приходится на сухие порошкообразные формы. Технологии их фракционирования и выделения химически чистых соединений весьма энергозатратны, они требуют использования больших объемов воды и оставляют вредные отходы. Для получения порошкообразных форм полисахаридов необходимо, кроме того, дорогостоящее оборудование. Полисахаридные водорослевые гели являются промежуточными продуктами в технологиях их получения, и их ценность определяется комплексным содержанием в них всего разнообразия содержащихся у водорослей соединений [Суховеева, Подкорытова, 2006]. В связи с этим водорослевые гели могут использоваться в виде самостоятельных продуктов и применяться в производстве альгинатсодержащих функциональных пищевых продуктов [Вишневская, 2003; Талабаева, 2006; Вафина, 2010], как самостоятельных, так и смешанных с другими биологически активными компонентами лечебно-профилактических препаратов.

Полезные для здоровья человека свойства альгинатсодержащих гелей описаны в большом количестве научных работ. Доказано, что они обладают радиопротекторными и антиоксидантными свойствами [Одинец и др., 2015], эффективны при использовании в лечении болезней сердца, сосудов, гипертонии, диабета [Разумов и др., 2005]. В других работах того же авторского коллектива рассматривается положительное влияние альгинатного геля на

иммунитет, функции внутренних органов, нормализацию метаболизма [Разумов и др., 2005, 2008]. Недавно проведенное исследование показало, что после тридцатидневного применения геля в дозе 15 г/день у участников эксперимента средняя фагоцитарная активность нейтрофилов увеличилась с $(41,5 \pm 3,9)\%$ до $(53,8 \pm 5,1)\%$ [Перервенко и др., 2023]. При этом заметно улучшились и другие показатели неспецифической резистентности нейтрофилов. В упомянутом исследовании использовался альгинатсодержащий гель, полученный из широко распространенной в прикамчатских водах ламинариевой водоросли *Hedophyllum (Saccharina) bongardianum* (Postels et Ruprecht) Yendo [Клочкова, Салтанова, 2020].

Еще одним массовым видом ламинариевых, широко распространенным у восточного и западного побережий полуострова, является *Saccharina latissima* (Linnaeus) Lane, Mayes, Druhl et Saunders. Она, как и *H. bongardianum*, характеризуется достаточно высоким накоплением полезных веществ. Как сырье для получения альгинатсодержащего геля ее камчатская популяция еще не использовалась. В связи с этим авторы посчитали необходимым изучить внутреннюю организацию *S. latissima*, ход и скорость деструкции тканей у этого вида при их термощелочной обработке. В настоящей статье обсуждаются данные, полученные в ходе этого исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Образцы *S. latissima* были собраны 19.09.2022 г. в центральной части бухты Завойко (Авачинская губа, Юго-Восточная Камчатка). Это были фертильные растения второго года жизни с сорусами спорангиев, занимающими верхнюю часть центральной полосы пластин. Прежде всего у них было изучено внутреннее строение

стерильных и фертильных участков. Продольные и поперечные срезы пластин изучали и фотографировали с использованием микроскопа Olympus BX53, снабженного цифровой фотонасадкой Olympus DP73.

Для получения водорослевого геля были выбраны четыре растения. От них были взяты неповрежденные, без белесых пятен и биообрастания участки пластин, нарезаны и раздроблены на бытовой мельнице при гидромодуле 1 : 1,5 до получения водорослевых кусочков 1,5–4 мм в максимальном поперечнике. Полученную водно-водорослевую массу, далее называемую галертой, подвергли температурному воздействию. Постоянство температуры в варочной емкости ($85 \pm 1^\circ\text{C}$) поддерживали в течение всего времени изготовления геля путем добавления в водяную рубашку (емкость большего объема, чем варочная) холодной воды. После разогревания галерты до нужной температуры с целью деструкции тканей и деградациии клеточных оболочек в кусочках *S. latissima* в нее был добавлен гидрокарбонат натрия, затем после деструкции тканей реакция погасалась добавлением лимонной кислоты.

Для визуального контроля за изменениями под термическим воздействием определяли размеры и состояние раздробленных кусочков водорослевых тканей в геле. С этой целью через определенные промежутки времени из варочной емкости брали пробы объемом 0,3–0,5 см³ и размазывали их по дну чашек Петри. Просматривали их под стереомикроскопом Olympus CZX10, снабженным цифровой фотокамерой и специальной программой статистической обработки размерных данных. О дезинтеграции внутренних тканей в кусочках галерты судили по уменьшению их размеров, степени набухания и разрушения целостности. Для этого на каждой стадии контроля в изучаемой пробе под микроскопом изме-

ряли максимальный поперечник у 30–50 самых крупных кусочков. Это позволяло более точно определить степень дезинтеграции стерильных и фертильных тканей и выявить размерные характеристики входящих в готовый гель структурных элементов внутренней архитектоники: зооспорангиев, парафизов, сохранившихся клеток медуллы, коры, меристодермы, фрагментов кутикулярного покрытия сорусов спорангиев. Основной задачей исследования было определение минимального периода времени, необходимого для получения качественного водорослевого геля, в котором после термощелочного воздействия были бы по максимуму сохранены свойственные *S. latissima* биомолекулы, определяющие его медико-биологическую ценность.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение фенологического развития *S. latissima* у берегов Юго-Восточной Камчатки показало, что в Авачинском заливе этот вид вегетирует в течение двух лет [Клочкова и др., 2022], по мере смены фенологической фазы меняет свой химический состав и степень обводненности тканей [Конева, Клочкова, 2014]. Так, если в стадии активного линейного роста содержание воды в краевой части пластины достигает почти 95% общей сырой массы, то к сентябрю в период активного созревания и рассеивания зооспор оно падает до 80%. У *S. latissima* хорошо выражены помесичные изменения в соотношении сухих веществ и воды в разных частях пластины: у более тонкого края с апреля по сентябрь включительно оно меняется от 1 : 15,6 до 1 : 4,0, а в утолщенной центральной полосе – от 1 : 10,2 до 1 : 4,2. Уменьшение обводненности к осени объясняется тем, что к этому времени у пластин разрастает-

ся подкоровый слой, утолщаются клеточные оболочки составляющих его клеток. Более толстыми они становятся в медулярном слое. Сам он становится более уплотненным за счет формирования плотной сети гифообразных нитей. Внешний вид одного из использованных в эксперименте слоевищ *S. latissima* и некоторые элементы его внутреннего строения показаны на рисунке 1.

Из представленного рисунка видно, что в месте развития фертильной ткани имелся плотный слой зрелых зооспорангиев. Находящиеся между ними парафизы к моменту созревания зооспор имели хорошо развитые слизистые колпачки. Смыкаясь друг с другом, они формировали защитный слой слизи, покрывающий сорусы спорангиев. Медулярная ткань к этому времени имела хорошо развитую флоэмоподобную транспортную систему, обеспечивающую передвижение по пластине ассимилированных веществ и их перераспределение между разными ее функциональными частями. Продольные нити медулярной ткани были пронизаны поперечно расположенными гифообразными нитями, берущими начало от периферических клеток подкорового слоя. Многочисленными они были как в стерильной, так и в фертильной частях пластины.

У осенних образцов *S. latissima* были хорошо развиты и отчетливо дифференцированы слои коры, меристодермы и подкорки. Смыкающиеся полигональные верхушки слизистых колпачков, судя по всему, образованы более плотной альгиновой слизью и формируют подобие пленки, покрывающей сорусы спорангиев. Представленные микрофотографии (рис. 1) в целом показывают, что внутренние ткани *S. latissima* достаточно рыхлые и что значительный объем ее сердцевинной ткани приходится на межклетники. Пластина

у этого вида покрыта кутикулой, под которой у нее развиваются густо пигментированные клетки коры и меристодермы. Клетки подкorkи плотно сомкнуты и имеют достаточно толстые оболочки.

Представление о химическом составе представителей *S. latissima*, произрастающих у побережья Юго-Восточной Камчатки, дает таблица 1. Представленные в ней данные показывают, что обсуждаемый вид

характеризуется достаточно высоким накоплением альгиновых кислот. В районах побережья с высоким содержанием биогенных веществ они могут составлять почти половину от общей массы сухих веществ – 45% [Конева, Клочкова, 2014]. Их содержание у *S. latissima* в чистых водах Авачинского залива также может достигать достаточно высоких значений – от 20,5 до 37,9%.

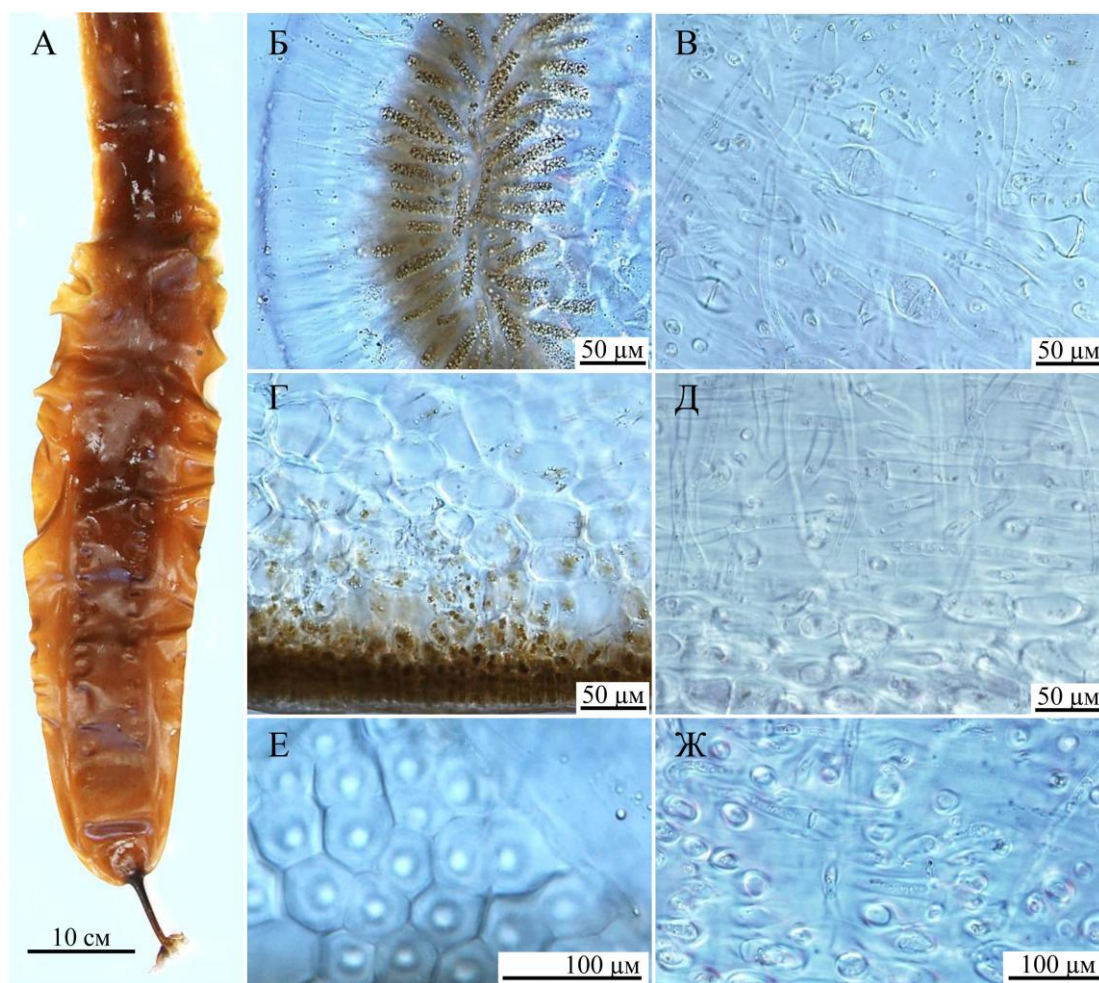


Рис. 1. Внешний вид и внутреннее строение камчатских представителей вида *Saccharina latissima*: А – внешний вид; Б – поперечный срез через сорус спорангиев; видны зрелые спорангии и слой парафизов со слизистыми колпачками; В – флоэмообразные ситовидные трубки сердцевин в стерильном участке пластины; Г – поперечный срез через коровую ткань и меристодерму; Д – граница между подкоровым слоем и медуллой; видны продольные и поперечные клеточные нити; Е – фрагмент кутикулярного слоя (вид сверху); Ж – продольный срез через сердцевину в фертильном участке пластины

Fig. 1. External appearance and internal structure of Kamchatka representatives of *Saccharina latissima*: А – external appearance; Б – transverse section through sporangial sorus; mature sporangia and a layer of paraphyses with mucous caps are visible; В – phloem-like sieve tubes of cortex in the blade's sterile area; Г – cross section through the cortex and meristoderm; Д – boundary between the subcortical and medullar layers; longitudinal and transverse cellular filaments are visible; Е – fragment of the cuticular layer (top view); Ж – longitudinal section through the cortex in the blade's fertile area

Таблица 1. Содержание отдельных химических соединений и минеральных веществ у *Saccharina latissima* (% от сухого вещества)Table 1. Content of individual chemical compounds and minerals in *Saccharina latissima* (% of dry weight)

Публикация	Альгиновые кислоты	Фукоидан	Маннит	Минеральные вещества	Йод
Аминина, Клочкова, 2002	31,4–37,9	–	9,3–16,0	28,8–39,0	0,1–0,3
Аминина и др., 2007	2 ± 0,4	3,8 ± 0,03	9,7 ± 0,3	14 ± 0,4	0,25 ± 0,04
Аминина, Гурулева, 2012	20,5–25,8	1,69–3,8	9,4–9,65	13,0–16,7	–
Аминина, 2015	25,0 ± 4,3	–	10,2 ± 2,5	20,2 ± 4,6	0,2 ± 0,03
Гурулева, Аминина, 2013	–	1,2–3,8	–	–	–
Конева, Клочкова, 2014	17,1–45,0	–	0,33–2,43	–	0,04–0,286

Исследования по выявлению влияния термощелочной обработки на химический состав водорослевого геля, полученного из *Saccharina japonica*, показали как в термически обработанном при температурах 75–95°C геле изменяется содержание минеральных и органических веществ, альгиновой кислоты, маннита, азотистых соединений, клетчатки и йода [Ковалева, Соколова, 2011]. Так, количество органики после термической обработки сырья по отношению к его содержанию в исходном сырье снижается на 3,7%, альгиновой кислоты – всего на 1,3%, маннита на 10,8%, клетчатки на 0,1%, азотистых веществ (N×6,25) – на 2,1%. Содержание йода в процессе термического воздействия, как и содержание маннита, уменьшается достаточно заметно – с 0,32 до 0,01%. При незначительном изменении содержания альгиновой кислоты ее молекулярная масса и вязкость в диапазоне воздействия на водорослевую галерту температур 20–95°C практически не менялись. Температура обработки 100°C, судя по данным тех же авторов, уже приводит к уменьшению содержания в геле альгинатов в 2,2 раза. Эти же авторы сообщают о том, что в процессе получения геля в температурном диапазоне до 100°C в нем сохраняются аминокислоты, в частности глютаминовая и аспарагиновая, определяющие его вкусоароматические свойства [Ковалева, Соколова, 2011].

Фукоидан в сухом веществе *S. latissima* не превышает 3,8% (табл. 1). Это почти в два раза меньше, чем у некоторых других камчатских ламинариевых. Фукоидан является водорастворимым сульфатированным полисахаридом и, судя по всему, не выносит термощелочного воздействия. Именно поэтому большинство технологий комплексной переработки бурых водорослей на первых ее этапах предусматривают его экстрагирование в воде, водно-спиртовой смеси или в низкоконцентрированных растворах пищевых кислот [Суховеева, Подкорытова, 2006].

Первичным продуктом фотосинтеза у бурых водорослей является маннит. Его содержание в сухом веществе особенно заметно возрастает, когда растения активно синтезируют ассимиляты, т. е. в период роста и созревания, когда происходит увеличение их линейных размеров и накопления органических веществ, необходимых для формирования фертильной ткани. В фазу спороношения и подготовки растений к зимнему покою активность фотосинтетических процессов замедляется, поэтому содержание маннита в пластинах ламинариевых в это время уменьшается. В загрязненных районах, где *S. latissima* испытывала физиологический стресс, в любой фазе фенологического развития, особенно на втором году жизни он накапливался в незначительном количестве [Конева, Клочкова, 2014].

В чистых местообитаниях его содержание в периоды интенсивного роста и созревания может достигать 16% от массы сухих веществ [Аминина, Ключкова, 2002].

Обсуждаемый вид богат органоминеральными соединениями, среди макроэлементов у него значительную долю составляют важные для здоровья человека калий и кальций [Аминина и др., 2007]. Поэтому альгинатсодержащий гель из *S. latissima* можно рассматривать как ценный источник этих элементов. Приведенные выше литературные данные по химическому составу ее камчатских представителей, таким образом, показывают, что выбранный нами для изучения вид является прекрасным сырьем для производства водорослевого геля.

Изучение процессов трансформации кусочков водорослевой галерты в ходе ее термощелочной обработки показало, что после нагрева до температуры 75°C и внесения углекислого натрия процесс дезинтеграции внутренних тканей завершается по истечении 45 минут. О скорости уменьшения размеров частиц водорослевой галерты можно судить по данным таблицы 2. Из нее видно, что за первые 10 минут термощелочной обработки размер частиц сильно не меняется. В течение следующих пяти минут за счет «истаивания» по краям и «раскалывания» самые крупные куски водорослевой галерты становятся вдвое меньше. Еще через 5 минут они уменьшаются более чем вдвое и крупных кусков

в галерте становится гораздо меньше. К окончанию процесса варки геля самые крупные водорослевые кусочки, а это полоски меристодермы, небольшие группы зооспорангиев, имеют уже микроскопические размеры и для гомогенной массы геля являются достаточно редкими.

Изучение препаратов под микроскопом показало, что преобразование кусочков водорослевой галерты и превращение их в однородную гомогенную массу гелеобразной консистенции (рис. 2, табл. 2) происходило достаточно однообразно, близко к тому, как это наблюдалось при изучении процесса их изменения у других видов [Ключкова, 2021; Ключкова, Салтанова, 2020]. Так, в течение первых 5 минут термощелочной обработки наблюдалось их разрыхление за счет набухания межклеточной слизи сердцевины и разрушения формирующих ее гифообразных нитей. Края кусочков при этом теряли четкие контуры за счет появляющихся по краям сколов. Разбухание медуллы приводило к увеличению давления на периферические вентральный и дорзальный слои, и кусочек водорослей делился на верхнюю и нижнюю половинки, которые расплывались в разные стороны. После 10 минут нагревания неразделенные кусочки в галерте отсутствовали, а их верхняя и нижняя половинки продолжали утончаться за счет «истаивания» медуллярных и подкоровых клеток.

Таблица 2. Изменения максимального поперечника (мм) наиболее крупных частиц дробленой пластины *Saccharina latissima* в ходе ее термощелочной обработки

Table 2. Changes in the maximum diameter (mm) of the largest pieces of crushed blade in *Saccharina latissima* during its thermo-alkaline treatment

Время обработки, минут					
0	10	15	20	30	45
Поперечник наиболее крупных частиц в водорослевой галерте, мм					
6,7	6,0	3,1	1,2	0,8	0,34

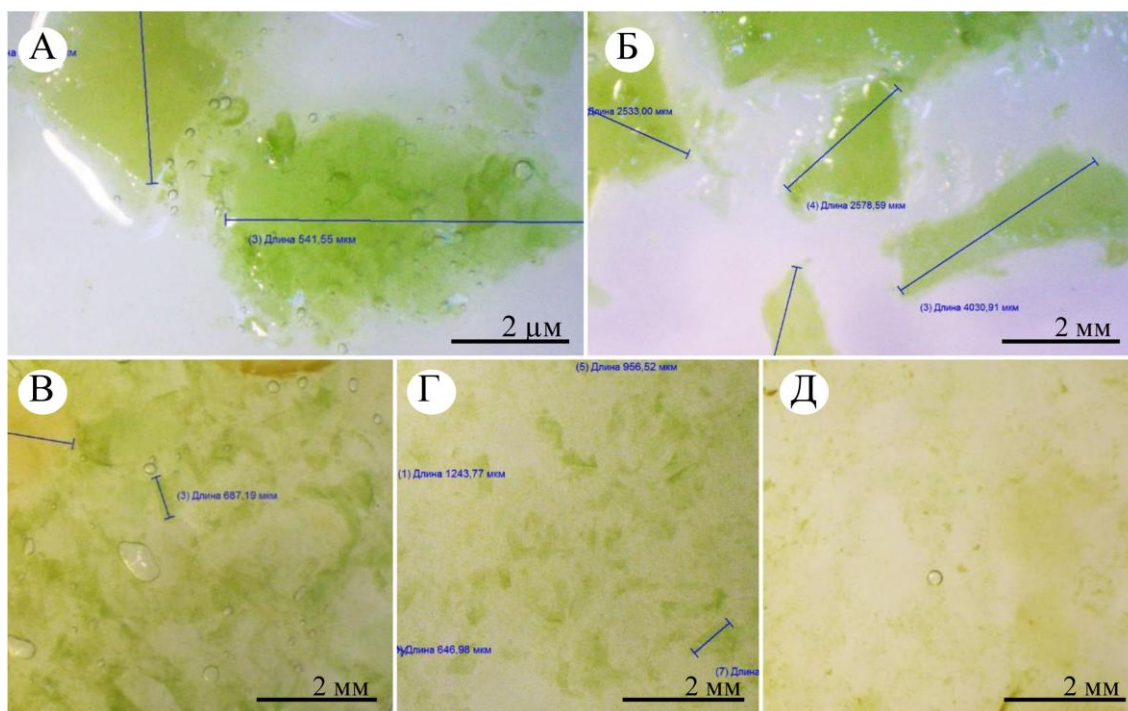


Рис. 2. Трансформация тканей *Saccharina latissima* во время термощелочной обработки при температуре 85°C: А – после 5 минут; Б – после 10 минут; В – после 15 минут; Г – после 30 минут; Д – после 45 минут

Fig. 2. Transformation of *Saccharina latissima* tissues during thermo-alkaline treatment 85°C: А – after 5 minutes; Б – after 10 minutes; В – after 15 minutes; Г – after 30 minutes; Д – after 45 minutes

Через 15 минут галерта представляла собой гомогенную слизь с плавающими в ней пленками, образованными клетками коры и меристодермы, а также более или менее крупными пучками зооспорангиев. Парафизы со слизистыми колпачками к 15-й минуте термощелочной обработки уже не просматриваются. Клетки коры и меристодермы на этом этапе становились более толстостенными за счет разбухания клеточных оболочек и располагались более рыхло, чем в начале процесса. К 30-й минуте размеры самых крупных клеточных агрегаций уже не превышали 0,8 мм, а еще через 15 минут уменьшались еще больше. С учетом того, что длительный нагрев водорослевой галерты приводит к уменьшению содержания ценных компонентов [Ковалева, Соколова, 2011], после 45 минут процесс получения геля, как показали наши эксперименты, можно завершать, поскольку для разрушения видимых гла-

зом водорослевых остатков и гомогенизации полученного продукта можно использовать блендер. В готовом геле уже не встречаются клетки сердцевин, подкормки, парафизов, но могут обнаруживаться небольшие, 0,1–0,2 мм в поперечнике, участки коры, одиночные или собранные в группы по 2–6 зооспорангии. Мы также находили небольшие не видимые невооруженным глазом агрегации слипшихся незрелых зооспор.

Проводя эксперименты с *S. latissima*, мы обратили внимание на то, что когда альгинатсодержащий гель, разлитый в ламинарном шкафу под ультрафиолетовым излучением в простерилизованную тару, сразу после остывания помещался в холодильник с температурой 1–4°C, он становился более плотным и более вязким, возможно, за счет формирования более плотной упаковки полимерных молекулярных цепочек альгината натрия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показывает, что произрастающая у Камчатки ламинариевая водоросль *S. latissima* является удовлетворительным сырьем для производства альгинатсодержащего геля. Гель, полученный при использовании в качестве сырья собранных в конце сентября двухлетних фертильных растений, не имел заметных невооруженным глазом включений из клеточных агрегаций, характеризовался приятным внешним видом, запахом и вкусом, имел плотную консистенцию. Опираясь на исследования других авторов [Разумов, 2004, Разумов и др., 2005, 2008; Суховеева, Подкорытова, 2006; Ковалева, Соколова, 2011], можно предполагать, что в нем сохранилось большинство имевшихся в исходном сырье полезных веществ, и многие биомолекулы, содержащиеся в клетках *S. latissima*, стали более доступными в связи с разрушением в процессе приготовления геля клеточных оболочек и их переходом во внеклеточную форму.

Поскольку время термической обработки водорослей во многом определяет качество полученного продукта, предлагаемый авторами способ контроля технологического процесса и оценки дезинтеграции клеток и тканей водорослей позволяет вовремя останавливать его и тем обеспечивать качество альгинатсодержащего геля и его медико-биологическую ценность за счет лучшего сохранения в нем в доступной форме полезных для здоровья веществ.

ЛИТЕРАТУРА

- Аминина Н.М. 2015. Сравнительная характеристика бурых водорослей прибрежной зоны Дальнего Востока. *Известия ТИНРО*. Т. 182. № 111. С. 258–268.
- Аминина Н.М., Вишневская Т.И., Гурулева О.Н. и др. 2007. Состав и возможности использования

- бурых водорослей дальневосточных морей. *Вестник ДВО РАН*. № 6 (136). С. 123–130.
- Аминина Н.М., Гурулева О.Н. 2012. Химический состав бурых водорослей Авачинского залива (побережье п-ова Камчатка). *Вопросы современной альгологии*. № 2. URL: <http://algaology.ru/149>.
- Аминина Н.М., Ключкова Н.Г. 2002. Перспективы развития производства по переработке водорослей на побережье Камчатки. *Рыболовство России*. № 1. С. 54–56.
- Анастас С.Д., Беседнова Н.Н., Богданович Л.Н. 2014. Фукоиданы – сульфатированные полисахариды бурых водорослей. Структура и биологические свойства. Владивосток: ТИБОХ ДВО РАН. 380 с.
- Анисимова Н.Ю., Устюжанина Н.Е., Доненко Ф.В. 2015. Влияние фукоиданов на противоопухолевую и фагоцитарную активность лейкоцитов крови человека. *Биохимия*. Т. 80. Вып. 7. С. 1099–1108.
- Беседнова Н.Н., Звягинцева Т.Н., Андрюков Б.Г. 2021. Сульфатированные полисахариды морских водорослей как потенциальные средства профилактики и терапии гриппа и COVID-19. *Антибиотики и химиотерапия*. Т. 66. № 7–8. С. 50–66.
- Вафина Л.Х. 2010. Обоснование комплексной технологии переработки бурых водорослей (Phaeophyta) при получении функциональных пищевых продуктов. *Диссертация ... канд. техн. наук*. Москва. 280 с.
- Вишневская Т.И. 2003. Комплексная технология йод- и альгинатсодержащих продуктов из бурых водорослей дальневосточных морей. *Диссертация ... канд. техн. наук*. Владивосток. 178 с.
- Гурулева О.Н., Аминина Н.М. 2013. Исследование содержания фукоидана в бурых водорослях дальневосточного региона. *Известия ТИНРО*. Т. 172. С. 265–273.
- Жанаева С.Я., Алексеенко Т.В., Короленко Т.А. и др. 2009. Противоопухолевая и антиметаболическая активность сульфатированного полисахарида фукоидана бурой водоросли Охотского моря *Fucus evanescens*. *Тихоокеанский медицинский журнал*. № 3. С. 96–99.
- Ключкова 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*. Т. 107. № 9. С. 906–916.
- Ключкова Т.А. 2021. Получение альгинатсодержащего геля из камчатской бурой ламина-

- риевой водоросли *Eualaria fistulosa*. Вестник Камчатского государственного технического университета. № 56. С. 28–41.
- Клочкова Т.А., Салтанова Н.С. 2020. Деструкция тканей бурой водоросли *Saccharina bongardiana* в процессе термощелочной обработки при получении биогеля. Вестник Камчатского государственного технического университета. № 52. С. 27–39.
- Ковалева Е.А., Соколова В.М. 2011. Обоснование использования ламинариевых для получения пищевых систем с заданными функциональными свойствами. Научные труды Дальрыбвтуза. С. 11–19.
- Конева А.А., Клочкова Н.Г. 2014. Сезонная динамика общего химического состава у *Laminaria* sp. (AvB_1) (Laminariales, Phaeophyta), произрастающей в загрязненных районах Авачинской губы (юго-восточная Камчатка). Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. № 33. С. 78–86.
- Кусайкин М.И. 2019. Морские природные соединения как активные компоненты эффективных лекарств, БАД, функциональных продуктов питания и косметических средств. Вестник ДВО РАН. № 5. С. 153–157.
- Одинец А.Г., Орлов О.И., Ильин В.К. 2015. Радиопротекторные и антиоксидантные свойства геля из бурых морских водорослей. Вестник восстановительной медицины. № 6. С. 89–95.
- Перервенко О.В., Меджидова Х.М., Клочкова Н.Г. 2023. Модуляция фагоцитарной активности нейтрофилов препаратами из камчатских бурых водорослей. Вестник Камчатского государственного технического университета. № 65. С. 29–40.
- Разумов А.И., Бобровницкий И.П., Михайлов В.И. и др. 2004. Влияние геля из бурых морских водорослей на иммунитет, функцию внутренних органов. Технология изготовления, использования для диетического и лечебно-профилактического питания. Москва: Медицина для всех. 230 с.
- Разумов А.Н., Бобровницкий И.П., Михайлов В.И. и др. 2005. Использование стевиозида и биогеля из морских водорослей в комплексном лечении заболеваний сердца, сосудов, гипертонии и диабета. Москва: НПО Сумма Технологий. 270 с.
- Разумов А.Н., Вялков А.И., Козлов В.К. и др. 2008. Морские водоросли в восстановительной медицине, комплексной терапии заболеваний с нарушением метаболизма. Москва: МДВ. 156 с.
- Суховереева М.В., Подкорытова А.В. 2006. Промысловые водоросли и травы морей Дальнего Востока: биология, распределение, запасы, технология переработки. Владивосток: ТИНРО-центр. 243 с.
- Талабаева С.В. 2006. Обоснование и разработка технологии полисахаридных гидрогелей из морских водорослей и пищевых продуктов на их основе. Автореф. ... канд. техн. наук. Владивосток. 23 с.

REFERENCES

- Aminina N.M. 2015. Comparative characteristics of brown algae in the coastal zone of the Far East. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Т. 182. № 111. P. 258–268 (in Russian).
- Aminina N.M., Vishnevskaya T.I., Guruleva O.N. et al. 2007. Composition and possibilities of using brown algae of the Far Eastern seas. *Vestnik DVO RAN (Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences)*. № 6 (136). P. 123–130 (in Russian).
- Aminina N.M., Guruleva O.N. 2012. Chemical composition of the brown algae from the Avacha Bay (Kamchatka coast). *Voprosy sovremennoy algologii (Issues of Modern Phycology)*. № 2. URL: <http://algology.ru/149> (in Russian).
- Aminina N.M., Klochkova N.G. 2002. Prospects for the development of algae processing production on the coast of Kamchatka. *Rybolovstvo Rossii (Russian Fishing)*. № 1 P. 54–56 (in Russian).
- Anastyuk S.D., Besednova N.N., Bogdanovich L.N. 2014. Fucoidans are sulfated polysaccharides of the brown algae. Structure and biological properties. Vladivostok: TIBOKH DVO RAS. 380 p. (in Russian).
- Anisimova N.Yu., Ustyuzhanina N.E., Donenko F.V. 2015. The influence of fucoidans on the anti-tumor and phagocytic activity of human blood leukocytes. *Biohimija (Biochemistry)*. Vol. 80. Issue 7. P. 1099–1108 (in Russian).
- Besednova N.N., Zvyagintseva T.N., Andryukov B.G. 2021. Sulfated seaweed polysaccharides as potential agents for the prevention and therapy of influenza and COVID-19. *Antibiotiki i himioterapiya (Antibiotics and Chemotherapy)*. Vol. 66. № 7–8. P. 50–66 (in Russian).
- Vafina L.Kh. 2010. Justification of the complex technology for processing of the brown algae (Phaeophyta) to obtain functional food products. *Candidacy dissertation for technical sciences*. Moscow. 280 p. (in Russian).
- Vishnevskaya T.I. 2003. Integrated technology of iodine- and alginate-containing products from

- brown algae of the Far Eastern seas. *Candidacy dissertation for technical sciences*. Vladivostok. 178 p. (in Russian).
- Guruleva O.N., Aminina N.M. 2013. Study of fucoidan content in brown algae of the Far Eastern region. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 172. P. 265–273 (in Russian).
- Zhanaeva S.Ya., Alekseenko T.V., Korolenko T.A. et al. 2009. Antitumor and antimetastatic activity of sulfated fucoidan polysaccharide from the brown algae *Fucus evanescens* from the Sea of Okhotsk. *Tihookeanskij medicinskij zhurnal (Pacific Medical Journal)*. № 3. P. 96–99 (in Russian).
- Klochkova T.A., Klimova A.V., Kim G.H. et al. 2022. *Saccharina latissima* (Ochrophyta, Laminariales) in Kamchatka waters: ecological features, distribution and molecular phylogeny. *Botanicheskij zhurnal (Botanical Journal)*. Vol. 107. № 9. P. 906–916 (in Russian).
- Klochkova T.A. 2021. Obtaining alginate-containing gel from the brown kelp seaweed *Eualaria fistulosa* from Kamchatka. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 56. P. 28–41 (in Russian).
- Klochkova T.A., Saltanova N.S. 2020. Tissue destruction in the brown alga, *Saccharina bongardiana*, during the process of thermal-alkalin treatment when producing biogel. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 52. P. 27–39 (in Russian).
- Kovaleva E.A., Sokolova V.M. 2011. Substantiation of use *Laminaria* for reception of food systems with the set functional properties. *Nauchnye trudy Dal'rybvtuza (Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University)*. P. 11–19 (in Russian).
- Koneva A.A., Klochkova N.G. 2014. Seasonal chemical composition dynamics of *Laminaria* sp. (AvB_1) (Laminariales, Phaeophyta) growing in polluted areas of the Avacha Bay (southeastern Kamchatka). *Issledovaniâ vodnyh biologicheskikh resursov Kamčatki i Severo-Zapadnoj časti Tihogo okeana (The Researches of the Aquatic Biological Resources of Kamchatka and the North-West Part of the Pacific Ocean)*. №. 33. P. 78–86 (in Russian).
- Kusaikin M.I. 2019. Marine natural compounds as active components of effective drugs, dietary supplements, functional foods and cosmetics. *Vestnik dal'nevostochnogo otdeleniya RAN (Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences)*. № 5. P. 153–157 (in Russian).
- Odinets A.G., Orlov O.I., Ilyin V.K. 2015. Radioprotective and antioxidant properties of brown seaweed gel. *Vestnik vosstanovitel'noj mediciny (Bulletin of Rehabilitation Medicine)*. № 6. P. 89–95 (in Russian).
- Perervenko O.V., Medzhidova Kh.M., Klochkova N.G. 2023. Modulation of neutrophils phagocytic activity using products manufactured from the brown algae from Kamchatka. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. 2023. № 65. P. 29–40 (in Russian).
- Razumov A.I., Bobrovnitsky I.P., Mikhailov V.I. et al. 2004. Effect of brown seaweed gel on immunity, function of internal organs. Manufacturing technology, use for dietary and therapeutic nutrition. Moscow: Medicine for everyone. 230 p. (in Russian).
- Razumov A.N., Bobrovnitsky I.P., Mikhailov V.I. et al. 2005. The use of steviazide and biogel from seaweed in the complex treatment of diseases of the heart, blood vessels, hypertension and diabetes. Moscow: NPO Summa Technologies. 270 p. (in Russian).
- Razumov A.N., Vyalkov A.I., Kozlov V.K. et al. 2008. Seaweeds in restorative medicine, complex therapy of diseases with metabolic disorders. Moscow: MDV. 156 p. (in Russian).
- Sukhoveeva M.V., Podkorytova A.V. 2006. Commercial algae and grasses of the seas of the Far East: biology, distribution, reserves, processing technology. Vladivostok: TINRO-center. 243 p. (in Russian).
- Talabaeva S.V. 2006. Justification and development of technology for polysaccharide hydrogels from seaweed and food products based on them. Author's abstract. Abstract of Candidacy dissertation for technical sciences. Vladivostok. 23 p. (in Russian).

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; ninakl@mail.ru. SPIN-код: 4701-2618, Author ID: 344281; Scopus ID: 6602583957.

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

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

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

Статья поступила в редакцию 12.09.2023; одобрена после рецензирования 18.12.2023; статья принята к публикации 25.12.2023.

The article was submitted 12.09.2023; approved after reviewing 18.12.2023; accepted for publication 25.12.2023.

УДК 597.3:(639.3+664.95)

DOI: 10.17217/2079-0333-2023-66-41-57

РОГАТКОВЫЕ (COTTIDAE) РЫБЫ ЗАПАДНОКАМЧАТСКОГО ШЕЛЬФА, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИХ ПРОМЫСЛА И ПЕРЕРАБОТКИ

Матвеев А.А., Терентьев Д.А.

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

Работа посвящена многолетнему мониторингу промысла рогатковых рыб, обитающих на шельфе у западного побережья Камчатки (Охотское море). По результатам морских научных экспедиций, выполненных в разные сезоны года, приведены оценки величины вылова (прилова) бычков по орудиям лова. Оценена доля рыб, не учитываемая в официальной статистике на донном ярусном промысле. Показаны возможные перспективы и направления использования исследуемых объектов промысла.

Ключевые слова: бычки, донный ярусный, траловый и снюрреводный промыслы, Западная Камчатка, западнокамчатский шельф, Охотское море, переработка, прилов, промысел, рогатковые.

COTTIDAE FISH OF WESTERN KAMCHATKA SHELF, THE CURRENT STATE OF THEIR FISHING AND PROCESSING

Matveev A.A., Terentiev D.A.

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

The work is devoted to the long-term monitoring of Cottidae fishing which inhabit the shelf off the western coast of Kamchatka (Sea of Okhotsk). According to the results of marine scientific expeditions carried out in different seasons of the year the estimates of the catch (by-catch) of gobies by fishing gear are given. The proportion of fish that is not taken into account in official statistics in bottom longline fishing is estimated. Possible prospects and directions of use of the studied objects of fishing are shown.

Key words: gobies, bottom longline, trawl and Danish seine fishing, Western Kamchatka, Western Kamchatka shelf, Sea of Okhotsk, processing, bycatch, fishing, Cottidae.

ВВЕДЕНИЕ

Традиционные промысловые объекты – минтай *Gadus chalcogrammus*, тихоокеанская треска *Gadus macrocephalus*, навага *Eleginus gracilis*, разные виды камбал, а также палтусы ежегодно добываются в значительных объемах. При их промысле

вылавливают и другие виды (так называемый прилов), которые, как правило, не используют в последующую переработку [Токранов, 2002; Орлов, 2004; Терентьев, 2006; Reuter, TenBrink, 2008; Терентьев и др., 2019; Василец и др., 2019а; Матвеев и др., 2019; Матвеев, 2021]. Проблема обязательного использования видов «прилова»

путем полной переработки на промысловых судах либо на береговых предприятиях обсуждается уже не одно десятилетие [Токранов, 1985, 2014, 2017; Кочкиков, 1997; Винников, Терентьев, 1998, 2001; Munkner, 2001; Иванов, 2002; Aurrekoetxea, Perera, 2002; Орлов, 2004; Терентьев, 2006; Голенкевич, Майсс, 2014а, б, в, 2015]. Однако этот вопрос и сегодня продолжает оставаться одним из наиболее актуальных в рациональном управлении.

Вступившие в силу в 2018 г. изменения в Правила рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна легализовали прилов водных биологических ресурсов (ВБР), не поименованных в разрешении, при условии, что на них установлен общий допустимый улов (ОДУ) [Приказ..., 2018]. Изъятие ВБР разрешается только при осуществлении рыболовства с доставкой уловов в живом, свежем или охлажденном виде в места их переработки.

Необходимость соблюдения вступивших в силу Правил рыболовства и возможность использования современного оборудования и технологий мотивирует рыбную промышленность выпускать продукцию из нового сырья, вовлекая в производство малоиспользуемые объекты ВБР, к которым можно отнести и представителей семейства рогатковых (или бычков). В настоящее время специализированный промысел рогатковых отсутствует, поскольку они редко образуют «чистые» скопления.

В своей работе А.М. Токранов [1985] упоминал, что в отдельные годы были попытки организации в феврале – апреле специализированного промысла получения шуйников *Hemilepidotus* с океанской стороны островов Шумшу и Парамушир, когда эти рыбы образуют относительно плотные скопления, однако они оказались нерезультативными. В целом суммарная

величина ежегодного рекомендованного (возможного) вылова (РВ) массовых видов этого семейства в прикамчатских водах в последние годы составляет около 8 тыс. т.

Тем не менее их ресурсы у берегов Камчатки существенно недоиспользуются, а реальная величина вылова статистикой в большинстве случаев достоверно не отражается [Шунтов, 1985; Борец, 1997; Богданов и др., 2005; Токранов, 1988, 1990, 2002, 2009, 2014; Матвеев и др., 2021].

Некоторые сведения о вылове рогатковых для всех прикамчатских вод имеются с начала 1960-х годов. Основной вылов осуществлялся судами маломерного флота, но несколько позднее, с начала 1970-х годов, увеличилась доля изъятия судами типа СРТМ и БМРТ [Токранов, 1985]. По данным того же автора, вылов в 1963–1983 гг. колебался в пределах 5–7 тыс. т. Однако эти оценки приведены без разделения по районам или подзонам. До 1974 г. вылов рогатковых преимущественно осуществлялся на западнокамчатском шельфе, а уже в 1980-е годы вылов у обоих побережий практически сравнялся.

Несмотря на наличие относительно новых работ, где обосновываются необходимость и перспективы использования рогатковых [Токранов, 2002, 2014, 2017, 2018; Югай, 2008, 2009а, б; и др.] в литературе практически отсутствуют современные сведения о величине и динамике вылова, а также сезонности промысла этой группы видов. Например, данные приведенные в работе А.А. Матвеева и Д.А. Терентьева [2016], ограничены 2015 г. Некоторая разрозненная информация по величине прилова рогатковых на различных видах промысла содержится в работах, посвященных многовидовому рыболовству и структуре уловов [Орлов, 2004; Балыкин, Терентьев, 2004; Терентьев и др., 2005; Терентьев, 2006; Буслов, 2006; Балыкин

и др., 2007; Бадаев, 2018; Терентьев и др., 2019; Василец и др., 2019а; Василец и др., 2019б; Матвеев и др., 2019].

Таким образом, целью нашего исследования является обобщение и анализ современных данных по промысловому освоению рогатковых рыб, их практическому использованию и переработке.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Район исследования охватывает две рыбопромысловые подзоны: Западно-Камчатскую (61.05.2) и Камчатско-Курильскую (61.05.4). Согласно «Положению по функционированию...» [1996] им присвоены цифровые коды 274 и 272 соответственно (рис. 1).

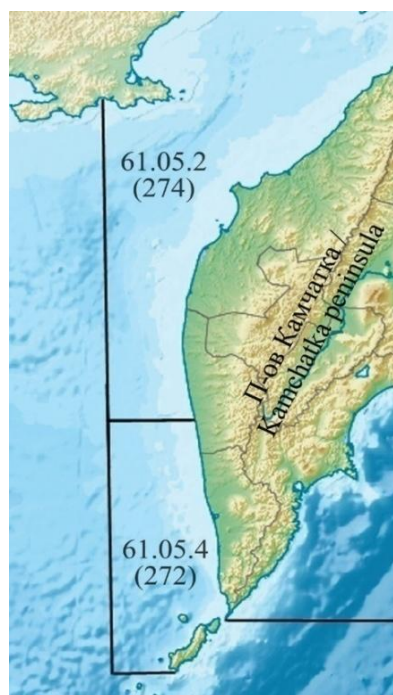


Рис. 1. Схема рыбопромысловых подзон у западного побережья Камчатки

Fig. 1. Scheme of fishing subzones near the western coast of Kamchatka

Для сравнительного анализа количественного и качественного состава уловов рогатковых использованы сведения, соб-

ранные сотрудниками Камчатского филиала ФГБНУ «ВНИРО» (КамчатНИРО) на промысловых судах в 2003–2020 гг. Были проанализированы материалы из 62 рейсов на судах, применявших различные орудия лова. Данные о вылове по суточным донесениям судов (ССД) брали из отраслевой системы мониторинга Росрыболовства (ОСМ) [Пырков и др., 2015].

Для доступа к первичным данным ОСМ использовали менеджер баз данных MySQL Workbench. Для обработки информации применяли программу «FMS analyst» [Vasilets, 2015]. Методика работы с таблицами ОСМ изложена в публикации П.М. Васильца и Д.А. Терентьева [2008].

В связи с технической возможностью перераспределения вылова между двумя исследуемыми районами, сведения по величине изъятия из двух граничащих подзон были объединены, что позволило исключить возможные недостоверные сведения об уловах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно данным официальной статистики, в 2001–2022 гг. у западного побережья Камчатки в среднем изымали 5,3 тыс. т рогатковых (рис. 2). Наименьший вылов (около 2,1 тыс. т) зарегистрирован в 2020 г., а максимальный – в 2001, 2005 и 2015 гг. (около 11 тыс. т), что вполне сопоставимо с объемами вылова тихоокеанской трески у Западной Камчатки в отдельные годы. Согласно данным ОСМ, ее вылов в 2003, 2007 и 2014 гг. составлял также около 11 тыс. т.

Масштабы изъятия рогатковых заметно отличались как по годам, так и по рыбопромысловым подзонам. Вылов рогатковых в 2001–2022 гг. в Западно-Камчатской подзоне изменялся от 0,5 (2011, 2013 и 2020 гг.) до 4,8 (2001 г.) тыс. т,

а в Камчатско-Курильской – от 1,4 (2009 и 2022 гг.) до 9,9 (2005 г.) тыс. т (рис. 2). Среднемноголетний объем добычи в Западно-Камчатской подзоне составил около 1,7 тыс. т, тогда как в Камчатско-Курильской он был в два раза выше – около 3,7 тыс. т, что связано с наличием большого количества крупных рыбоперерабатывающих предприятий и, соответственно, активным снюрреводным промыслом в этом районе.

Динамика вылова рогатковых имела ярко выраженный сезонный характер. В Западно-Камчатской подзоне максимум вылова отмечен в январе, далее следовало снижение интенсивности промысла – до апреля-мая, когда вылов вновь демонстрировал рост. С июня по август интенсивность промысла снижалась, что может быть связано с летней лососевой путинной. В сентябре – ноябре вылов находился на низком уровне, а в декабре вновь интенсивно возрастал (рис. 3). Причем, по данным ОСМ, его основу формировали не только снюрреводы, но и разноглубинные тралы. Такая динамика в целом совпадает с периодом масштабного промысла тихоокеанского минтая, при добыче которого

также вылавливают рогатковых в качестве прилова [Матвеев и др., 2019].

В Камчатско-Курильской подзоне с ноября по февраль вылов увеличивался, затем снижался в марте – апреле. В мае интенсивность промысла возрастала и достигала своего пика в июне, после чего вновь снижалась до минимума в октябре (рис. 3). Основной объем изъятия (около 50%) приходился на летний период (с мая по июль) и осуществлялся преимущественно маломерными судами на снюрреводном промысле (в т. ч. на промысле кукумари).

Анализ промысла (данные из ОСМ) показал, что в целом у Западной Камчатки снюрреводами вылавливали около 99% от совокупного объема изъятия рогатковых. Донными и разноглубинными тралами суммарно добывали лишь около 1,0% [Матвеев, Терентьев, 2016]. Причем в ОСМ практически отсутствуют данные о вылове рогатковых при осуществлении ярусного промысла. Тем не менее, по сведениям научных наблюдателей, работавших на промысле в разные периоды времени, рогатковые являются постоянными объектами прилова при ведении специализированного ярусного промысла [Матвеев и др., 2019].

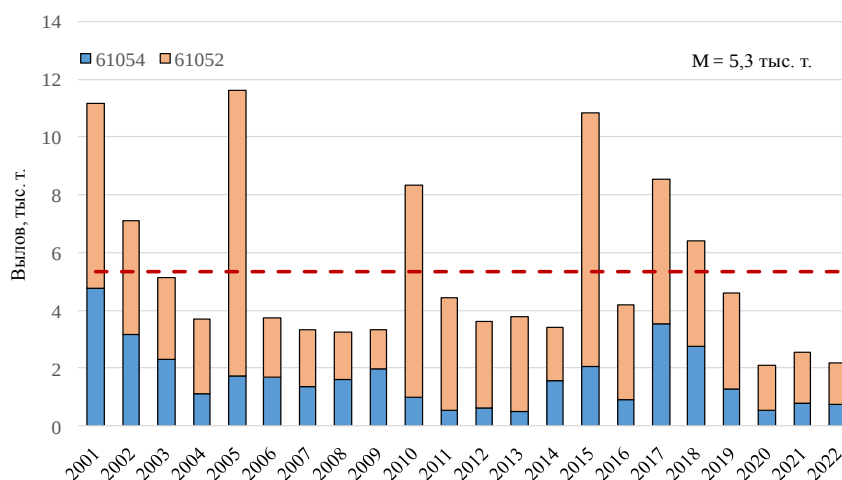


Рис. 2. Вылов рогатковых у Западной Камчатки по рыбопромысловым подзонам в 2001–2022 гг. (данные из ОСМ «Рыболовство», пунктирной линией обозначен среднемноголетний уровень)

Fig. 2. Catch of sculpins near Western Kamchatka by fishing subzones in 2001–2022 (data from IMS “Fishing”, the dotted line indicates the average long-term level)

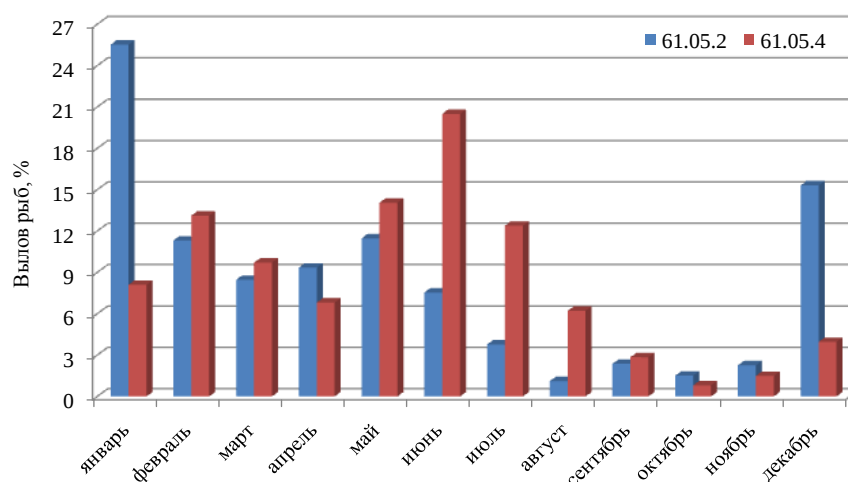


Рис. 3. Динамика вылова рогатковых у Западной Камчатки по рыбопромысловым подзонам и месяцам промысла (среднеголетние данные, 2011–2022 гг.)

Fig. 3. Dynamics of sculpins catch near Western Kamchatka by fishing subzones and months of fishing (long-term average data, 2011–2022)

В связи с вышесказанным было выполнено сравнение видового состава уловов на массовых видах промысла (снюрреводы, донный ярус и разноглубинные тралы) у западного побережья Камчатки. Анализ современных сведений позволил оценить соответствие официальной промысловой статистики (ОСМ) и данных научных наблюдателей на промысловых судах. В дальнейшем это может быть использовано для повышения качества прогнозирования состояния запасов и рекомендованного вылова рогатковых.

В первую очередь было необходимо определить масштабы добычи всех видов ВБР теми или иными орудиями лова в рассматриваемом районе. По данным официальной статистики ОСМ, в рассматриваемый период исследований у западного побережья Камчатки основной вылов ВБР осуществлялся тремя орудиями лова: разноглубинный трал (в среднем 76,5%), снюрревод (в среднем 19,8%) и донный ярус (в среднем 3,0%). Доля изъятия донным тралом составила в среднем менее 1,0% (учитывая, что часть объема добыта по программам научных ис-

следований). В этой связи вылов этим орудием лова в дальнейшем не рассматривается (таблица).

У западного побережья Камчатки основными объектами промысла разноглубинными тралами, по данным научных исследований, являлись минтай и сельдь *Clupea pallasii*. Их суммарная доля в целом превышала 99,0%. Видовое разнообразие прилова было значительным, однако доля в уловах отдельных видов (или даже целых семейств) зачастую составляла десятые и сотые доли процента [Матвеев и др., 2019; Матвеев, 2021]. Доля прилова рогатковых, по данным наблюдателей, была невысокой и составила 0,01%, что соответствует сведениям из ОСМ (таблица).

Основными же объектами снюрреводного промысла, по данным научных наблюдателей, являлись: минтай, камбалы (*Pleuronectidae* группа видов), треска, навага и бычки (*Cottidae* группа видов) [Матвеев и др., 2019; Матвеев, 2021]. Отметим, что, по сведениям из ОСМ, средняя доля рогатковых в исследуемые периоды была выше (5,4%), чем по данным наблюдателей (около 4,0%) (таблица).

Основными объектами донного ярусного промысла у Западной Камчатки, по данным научных исследований, являются палтусы (группа видов) и треска. Причем при специализированном промысле последней в прилове отмечено наибольшее количество рогатковых, по сравнению с промыслом палтусов [Матвеев и др., 2019; Матвеев, 2021]. Таким образом, зная величину ежегодного изъятия трески донными ярусами, можно приблизительно оценить вылов рогатковых этим орудием лова. По осредненным оценкам их прилов на ярусном промысле в 2003–2020 гг. составлял около 3,8% (таблица).

На рисунке 4 показана динамика вылова трески и объемы неучтенного прилова рогатковых в период 2001–2022 гг., при осуществлении донного ярусного промысла у Западной Камчатки с учетом минимальной доли прилова, равной 3,8%. По нашим расчетам, величина неучтенного вылова варьировала от 162 до 587 т и в среднем составила около 285 т.

Таким образом, можно констатировать, что на современном этапе представители семейства рогатковых преимущественно вылавливаются снюрреводами (более 88,0%), а также, несмотря на то, что в ОСМ практически отсутствуют сведения о вылове рогатковых при ярусном промысле, по нашим данным, он может составлять около 10,0% (рис. 5). Доля вылова

рогатковых при ведении промысла разноглубинными и донными травами невелика – около 1,0 и 0,4% соответственно.

В целом проблема организации рационального использования ВБР в процессе промысловой деятельности сводится к внедрению системы многовидового учета уловов, развитию технологических аспектов и сфер применения продуктов их переработки. К вопросу необходимости эффективного использования рогатковых обращались многие авторы на протяжении длительного периода времени [Смирнов, 1970; Токранов, 1985, 1990, 2002, 2014, 2017, 2018; Богданов и др., 2005; Орлов, 2004; Терентьев, 2006; Панченко, 2013]. С одной стороны, истощение традиционных промысловых ресурсов, а с другой – меняющиеся правила ведения промысла и оптимизация процесса производства с целью достижения большей финансовой выгоды указывает на необходимость использования массовых видов семейства. Более того, доказано, что комплексное использование всего улова (в том числе видов прилова) экономически выгодно для рыбодобывающих организаций [Бадаев и др., 2010; Бадаев, 2011]. Это подтверждает и норвежский опыт, и сформировавшийся в последнее десятилетие общий положительный тренд в спросе (и в цене) на рыбную муку и рыбий жир [Бадаев, 2018].

Средний вылов ВБР (%) разными орудиями лова и доля рогатковых (%) у Западной Камчатки в 2003–2020 гг.

Average WBR catch (%) by different fishing gear and share of sculpins (%) near Western Kamchatka in 2003–2020

Орудие лова	Вылов ВБР, %	Прилов рогатковых, %		
		средний по ОСМ	средний по данным наблюдателей	максимально отмеченный*
Трал разноглубинный	76,5	0,01	0,01	0,02
Снюрревод	19,8	5,36	4,01	7,9
Ярус	3,0	0,02	3,83	9,2
Трал донный	0,7	–	–	–

* по данным [Матвеев и др., 2019]

* according to [Matveev et al., 2019]

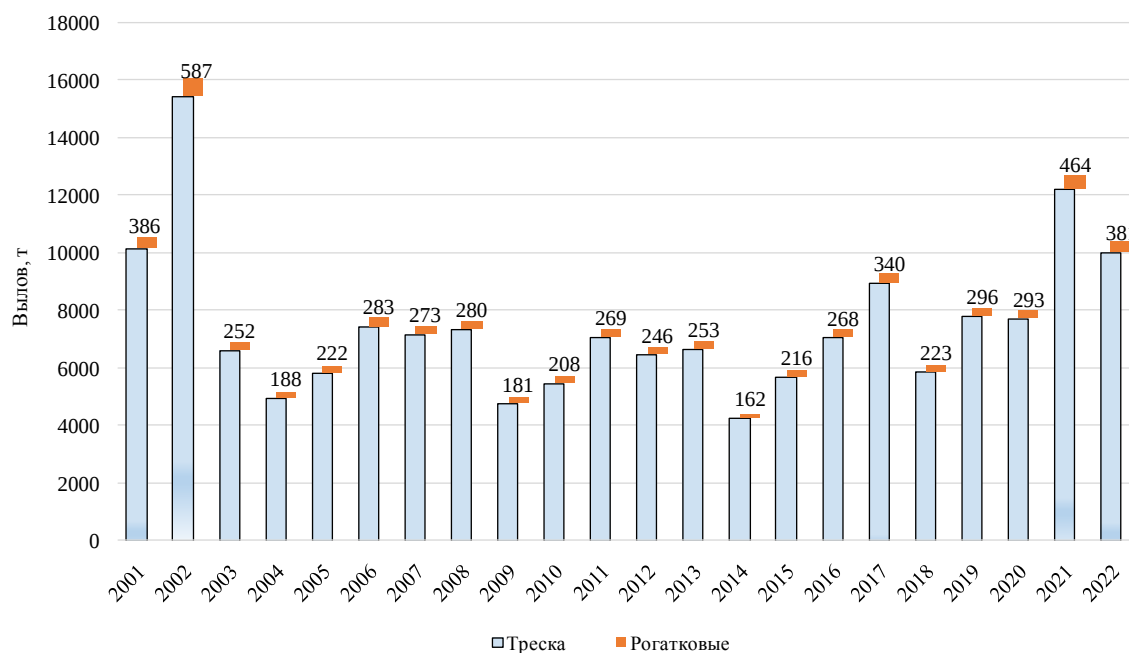


Рис. 4. Динамика вылова трески и рогатковых в период 2001–2022 гг. ярусным флотом у Западной Камчатки с учетом средней доли прилова равной 3,8%

Fig. 4. Dynamics of cod and sculpins catch in the period 2001–2022 with longline fleet near Western Kamchatka, taking into account the average share of by-catch equal to 3,8%

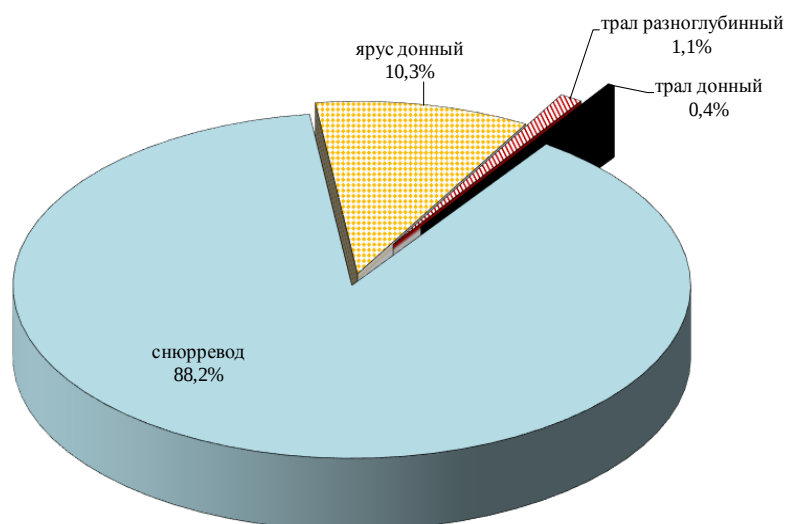


Рис. 5. Вылов рогатковых у Западной Камчатки разными орудиями лова в период 2010–2022 гг.

Fig. 5. Catch of sculpins near Western Kamchatka with different fishing gear in the period 2010–2022

Наиболее ранние специализированные работы были опубликованы в послевоенные годы. В них рассмотрены вопросы использования рогатковых в качестве сырья для выработки витаминных жиров [Ла-

говская, 1947а, б]. Причем, как отмечалось автором, содержание витамина А у рогатковых рыб прикамчатских вод было заметно выше, чем у тех же видов, обитающих в водах Приморья [Лаговская, 1947а, б].

Позже были разработаны рекомендации по рациональному использованию рогатковых для производства мороженой продукции и в качестве сырья для фаршевых смесей и консервов [Диденко и др., 1983].

В более современных работах указано, что мышечная ткань рогатковых обладает высокой пищевой ценностью. Значительное содержание в мясе и печени белков, липидов, минеральных веществ, а также витаминов позволяет рассматривать их в качестве потенциального сырья. Доказана целесообразность использования рогатковых и описана технология переработки мышечной ткани этих рыб при производстве различной кулинарной продукции [Югай, 2008, 2009а, б; Югай и др., 2012; Югай и др., 2014]. Также при исследовании зависимости массы печени от общей массы рыбы было показано, что выход печени изменяется в пределах 2,0–4,5 %. В натуральном выражении при массе керчаков более 1 кг их печень достигает 0,05 кг. Схожая картина наблюдалась и в случае с выпуском продукции из желудков этих рыб. Было показано, что выход желудков керчаков сопоставим с выходом их печени (в среднем 4–6%), тогда как у тресковых эта величина находится на уровне 1,5–2,0%. В натуральном выражении масса промытого желудка составляла около 0,2 кг при массе рыбы более 3 кг, что является хорошим показателем [Югай и др., 2012].

Также очень перспективными на сегодняшний день являются разработки, направленные на изучение механизмов функционирования и технологий применения протеинов-антифризов (AFP) и гликопротеин-антифризов (AFGP), полученных из рыб. Недавние исследования показали, что AFP был обнаружен в мышечных гомогенатах многих рыб, в том числе у представителей рода *Myoxocephalus*, *Gymnocanthus*, *Hemilepidotus* [Mahatabuddin, Tsuda, 2018].

С помощью уникальных возможностей AFP можно значительно повысить сроки консервации пищевых продуктов, семян, медицинских препаратов и косметики. Показана эффективность этих белков при криоконсервации клеток и тканей животных [Kim et al., 2017; Tomalty et al., 2017]. Кроме того, AFP, полученные из рыб, связываясь с липидным бислоем мембран клеток, продлевают время их жизни в условиях гипотермии (+4°C). Это востребовано в области животноводства и регенеративной медицины [Mahatabuddin, Tsuda, 2018]. Таким образом, существуют многообещающие возможности применения белков-антифризов в различных промышленных (например, создание низкотемпературных гелей и высокопористой керамики) и медицинских сферах деятельности [Fukushima et al., 2013; Mahatabuddin, Tsuda, 2018]. Однако для массового использования биомолекулы должны быть как функционально полезными, так и доступными в больших количествах. Для получения AFP был разработан метод массового приготовления с использованием гомогенатов мышц рыб [Nishimiya et al., 2008а, б; Ideta et al., 2015; Mahatabuddin et al., 2017].

Несмотря на наличие специализированных исследований и технологических разработок по использованию массовых представителей рогатковых, сегодня их переработка практически не ведется по ряду причин. Во-первых, важным фактором остается стоимость конечной продукции на рынках сбыта. К примеру, среднетоннажное судно, ведущее промысел донным ярусом, имеет ограниченный объем трюмов и морозильных мощностей. Соответственно, предприниматели не заинтересованы заполнять имеющееся пространство «недорогой» продукцией. В работе А.А. Огородниковой [2015] приведены оценки стоимости различных видов ВБР,

в том числе: рогатковые – 20 тыс. руб/т, минтай – 54 тыс. руб/т, палтус белокорый – 65 тыс. руб/т, треска – 88 тыс. руб/т.

Во-вторых, как было показано выше, заметную долю вылова рогатковых обеспечивает снюрреводный флот, который, как правило, доставляет рыбу на рыбоперерабатывающие предприятия. Наличие пока еще в достаточном количестве традиционных промысловых объектов мотивирует производителей продукции улучшать, прежде всего, качество переработки последних, тем самым увеличивая стоимость реализации и соответственно прибыль. В период работы (2008–2020 гг.) на различных рыбоперерабатывающих заводах (РПЗ) и плавзаводах первым автором данной работы проводился опрос сотрудников на тему использования видов прилова, и в частности конкретно рогатковых. По полученным сведениям, виды прилова либо вывозятся и выбрасываются (на береговых РПЗ закапываются в грунт, а на судах через измельчители сливаются обратно в море) вместе с отходами производства, либо перерабатываются на пищевой и не пи-

щевой тук (рыбную муку). И несмотря на тот факт, что выработка рыбной муки требует высоких затрат электроэнергии, продукция хорошего качества пользуется стабильным спросом у отечественных и даже иностранных производителей кормов [Бадаев, 2018]. Мука содержит белки и аминокислоты. Она богата витаминами А, В, D, Е, содержит фосфор, кальций, железо, йод и удачно дополняет растительные компоненты в комбикормах. Белок рыбной муки в значительном количестве содержит незаменимые жирные кислоты: лизин, метионин, треонин и триптофан [Александров, 2003]. Он входит в состав белковых смесей, которые на современном этапе, используются в качестве добавки-наполнителя при производстве различной продукции.

На некоторых РПЗ Камчатского края в 2013–2016 гг. осуществлялся выпуск фаршевых смесей из рогатковых рыб (рис. 6). Однако по причине того, что данный вид продукции пользовался низким спросом и в совокупности с низкой ценой не оправдывал трудозатраты по его производству, РПЗ со временем отказались от его выпуска.



Рис. 6. Ассортимент свежемороженой продукции. Продукция из рогатковых рыб (бычков)

Fig. 6. Assortment of fresh-frozen products. Products from sculpins

Тем не менее в последние годы на прилавках специализированных рыбных магазинов можно приобрести свежемороженую продукцию из рогатковых рыб (рис. 7). По личным наблюдениям первого автора и опросам сотрудников торговых точек, в продаже почти постоянно имеются представители рода *Gymnocanthus*, которые пользуются хоть и низким, но стабильным спросом [Матвеев, Стокоз, 2019]. Отдельно стоит отметить, что рыбы рода *Gymnocanthus* обладают вкусным мясом и в достаточно больших количествах добываются японскими рыбаками [https://apus.ru/site.xp/056056051.html]. У жителей Алеутских островов виды рода *Myoxocephalus* являются важной частью круглогодичного рациона. Их используют в тушеных блюдах, супах, в виде филе, а также замораживают для последующего употребления [Burger et al., 2007].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По данным официальной статистики, среднесуточный вылов рогатковых у Западной Камчатки составлял около 5,3 тыс. т. При этом недоучтенный прилов этих рыб

на ярусном промысле, по нашему мнению, вполне мог составлять 600–700 т.

Динамика объемов добычи рогатковых имела ярко выраженный сезонный характер. В Западно-Камчатской подзоне максимум изъятия отмечен в зимний период (декабрь – январь), тогда как в Камчатско-Курильской основной вылов приходится на весенне-летние месяцы, с мая по июль. На современном этапе представители семейства рогатковых преимущественно вылавливаются снюрреводами (более 88%). Несмотря на то, что в ОСМ практически отсутствуют сведения о вылове бычков при ярусном промысле, по нашим данным, он может составлять около 10%. Доля вылова рогатковых при ведении промысла разноглубинными и донными травами невелика – около 1,0 и 0,4% соответственно.

Приведенные в данной работе средние оценки величины прилова рогатковых на ярусном и снюрреводном промыслах могут в дальнейшем быть использованы для повышения качества прогнозирования состояния запасов и рекомендованного вылова исследуемого семейства.



Рис. 7. Свежемороженая продукция из рыб рода *Gymnocanthus*. Петропавловск-Камчатский, 2016 и 2020 гг. Фото А.А. Матвеева

Fig. 7. Fresh-frozen products from fish of the genus *Gymnocanthus*. Petropavlovsk-Kamchatsky, 2016 and 2020. Photo by A.A. Matveev

На современном этапе использование сырья из рогатковых для глубокой переработки и производства пищевой и других видов продукции представляется достаточно перспективным. Основной причиной ограниченного спроса можно считать низкую информационную осведомленность населения о продукции из рогатковых рыб и способах ее кулинарной обработки. Со стороны производителей – отсутствие рекламных и маркетинговых решений, стимулирующих объемы продаж и соответственно более высокую цену продукции.

ЛИТЕРАТУРА

- Александров С.Н. 2003. Технология производства кормов. Донецк: Сталкер, АСТ. 235 с.
- Бадаев О.З. 2011. Нерациональное использование водных биоресурсов на примере некоторых видов промыслов. *Вопросы рыболовства*. № 1(45). С. 162–174.
- Бадаев О.З. 2018. Приловы и выбросы на ярусном промысле рыб Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна. *Вопросы рыболовства*. Т. 19. № 1. С. 58–72.
- Бадаев О.З., Головащенко Е.В., Казанцев П.И. 2010. Нерациональное использование водных биоресурсов на примере некоторых видов промыслов. *Архив ТИНРО*. № 26953. 79 с.
- Балыкин П.А., Терентьев Д.А. 2004. Организация многовидового промысла рыб на примере Карагинской подзоны. *Вопросы рыболовства*. Т. 5. № 3 (19). С. 489–499.
- Балыкин П.А., Терентьев Д.А., Буслов А.В., Бонк А.А. 2007. Распределение квот на вылов водных биоресурсов с учетом многовидового характера рыболовства. *Вопросы рыболовства*. Т. 8. № 3 (31). С. 559–568.
- Богданов В.Д., Карпенко В.И., Норинов Е.Г. 2005. Водные биологические ресурсы Камчатки: Биология, способы добычи, переработка. Петропавловск-Камчатский: Новая Книга. 264 с.
- Борец Л.А. 1997. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. Владивосток: ТИНРО-Центр. 217 с.
- Буслов А.В. 2006. Возможность организации и регулирования многовидового рыболовства в современных условиях на примере Петропавловск-Камчатской подзоны (Восточная Камчатка). *Вопросы рыболовства*. Т. 7. № 26. С. 267–276.
- Василец П.М., Терентьев Д.А. 2008. Характеристика промысла водных биологических ресурсов в Петропавловско-Командорской подзоне в 2001–2006 гг. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. 10. С. 116–135.
- Василец П.М., Терентьев Д.А., Матвеев А.А. 2019а. Структура уловов на различных видах промысла в Карагинской подзоне в 2003–2018 гг. По данным официальной статистики и научно-исследовательских работ. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 50. С. 73–88. DOI: 10.17217/2079-0333-2019-50-73-88
- Василец П.М., Терентьев Д.А., Матвеев А.А. и др. 2019б. Структура уловов на снюрреводном промысле в Петропавловско-Командорской подзоне в 2003–2017 гг. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. № 52. С. 89–107.
- Винников А.В., Терентьев Д.А. 1998. Проблема «прилова» при ведении донного ярусного промысла в водах Камчатки. *Тезисы докладов региональной конференции «Актуальные проблемы морской биологии и экологии»*. Владивосток: Изд-во ДВГУ. С. 19–21.
- Винников А.В., Терентьев Д.А. 2001. Особенности сезонной динамики «прилова» при ведении донного ярусного промысла в прикамчатских водах. *Тезисы докладов конференции молодых ученых*. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 113–115.
- Голенкевич А.В., Майсс А.А. 2014а. Анализ причин выбросов на промысле водных биологических ресурсов. *Рыбное хозяйство*. № 3. С. 36–39.
- Голенкевич А.В., Майсс А.А. 2014б. Негативные факторы, способствующие выбросам на промысле водных биологических ресурсов. *Рыбное хозяйство*. № 6. С. 38–42.
- Голенкевич А.В., Майсс А.А. 2014в. Выбросы: кто виноват и что делать? URL: <https://fishnews.ru/rubric/krupnyim-planom/8238> (дата обращения: 25.07.2023).
- Голенкевич А.В., Майсс А.А. 2015. Стратегические подходы к разработке национального плана регулирования прилова и выбросов. *Рыбное хозяйство*. № 1. С. 26–29.
- Диденко А.Н., Боровская Г.А., Дроздова Л.И., Лаврова Н.А. 1983. Технохимическая характеристика и рекомендации по рациональному использованию бычков. *Известия ТИНРО*. Т. 108. С. 13–19.
- Иванов А.Н. 2002. О прилове рыб при промысле минтая у юго-западной Камчатки и северных Курильских островов в ноябре 2000 г. *Вопросы рыболовства*. № 1. С. 105–117.
- Кочиков В.Н. 1997. Межведомственная ихтиологическая комиссия поднимает важные про-

- блемы рыболовства. *Рыбное хозяйство. Серия Биопромысловые и экономические вопросы мирового рыболовства*. Москва. № 6. С. 21–29.
- Лаговская Е.А. 1947а. Морские рыбы Приморья как сырье для получения витаминных жиров. *Известия ТИНРО*. Т. 23. С. 3–10.
- Лаговская Е.А. 1947б. Содержание витамина А в морских рыбах Камчатки. *Известия ТИНРО*. Т. 23. С. 11–20.
- Матвеев А.А. 2021. Многолетняя динамика биомассы, распределение, промысел и некоторые аспекты биологии массовых видов рогатковых у Западной Камчатки. *Автореферат диссертации ... канд. биол. наук*. Петропавловск-Камчатский. 22 с.
- Матвеев А.А., Терентьев Д.А. 2016. Промысел, многолетняя динамика биомассы, распределение и размерный состав массовых видов рогатковых Cottidae у западного побережья Камчатки. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. № 41. С. 17–42. DOI:10.15853/2072-8212.2016.41.17-42.
- Матвеев А.А., Стокоз А.К. 2019. Среднемноголетнее распределение и размерный состав *Gymnocanthus detrisus* Gilbert et Burke, 1912 (Cottidae) в летний период у западного побережья Камчатки. *Материалы научно-практической конференции молодых ученых «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса»*. Москва: ВНИРО. С. 305–308.
- Матвеев А.А., Терентьев Д.А., Василец П.М. 2019. Сравнительный анализ видового состава уловов на различных видах промысла у западного побережья Камчатки в 2003–2017 гг. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. 54. С. 17–42.
- Матвеев А.А., Баланов А.А., Панченко В.В. 2021. Распределение, размерно-половой состав и состояние запасов *Gymnocanthus pistilliger* (Cottidae) у западного побережья Камчатки в летний период. *Вопросы ихтиологии*. Т. 61. № 2. С. 167–176.
- Огородникова А.А. 2015. Биоэкономическая оценка промыслового запаса биоресурсов Охотского моря. *Известия ТИНРО*. Т. 183. С. 97–111.
- Орлов А.М. 2004. Биологические аспекты проблемы непромыслового прилова и сохранения биологического разнообразия рыб. *Материалы Российской научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 132–135.
- Панченко В.В. 2013. Размерно-возрастной состав и динамика численности нитчатого шлемоносца *Gymnocanthus pistilliger* (Cottidae) в заливе Петра Великого (Японское море). *Вопросы рыболовства*. Т. 14. № 2 (54). С. 208–218.
- Положение по функционированию отраслевой иерархической информационно-аналитической автоматизированной системы управления использованием водных биоресурсов. Приложение к Приказу Госкомрыболовства России от 10 октября 1996 г. № 185. Москва. 78 с.
- Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 04.06.2018 г. № 228 «О внесении изменений в правила рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, утвержденные приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 21 октября 2013 г. № 385».
- Пырков В.Н., Солодилов А.В., Дегай А.Ю. 2015. Создание и внедрение новых спутниковых технологий в системе мониторинга рыболовства. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. Т. 12. № 5. С. 251–262.
- Смирнов А.Н. 1970. Биологическое обоснование рационального промысла бычков в Азовском море. *Труды Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО)*. Т. LXXI (71).
- Терентьев Д.А. 2006. Структура уловов морских рыбных промыслов и многовидовое рыболовство в прикамчатских водах. *Автореферат диссертации ... канд. биол. наук*. Владивосток: ТИНРО-Центр. 24 с.
- Терентьев Д.А., Балыкин П.А., Винников А.В. 2005. Промысел морских рыб в восточной части Охотского моря. *Рыбное хозяйство*. № 6. С. 49–52.
- Терентьев Д.А., Василец П.М., Матвеев А.А. 2019. Организация многовидового рыболовства на основе структуры уловов на различных видах промысла в 2003–2017 гг. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. 53. С. 5–21.
- Токранов А.М. 1985. Биология массовых видов рогатковых (семейство Cottidae) прикамчатских вод. *Автореферат диссертации ... канд. биол. наук*. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 22 с.
- Токранов А.М. 1988. Видовой состав и биомасса рогатковых (Pisces: Cottidae) в прибрежных водах Камчатки. *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. Т. 93. Вып. 4. С. 61–69.
- Токранов А.М. 1990. Итоги исследований и возможности промысла рогатковых рыб (Cottidae) в прибрежных водах Камчатки. *Всесоюзное совещание «Резервные пищевые биологические ресурсы открытого океана и морей СССР» (20–22 марта 1990 г.)*. Москва: АтлантНИРО, ВНИРО. С. 33–35.

- Токранов А.М. 2002. «Нетрадиционные» объекты промысла: реально ли сегодня освоение их запасов? *Рыбное хозяйство*. № 6. С. 41–43.
- Токранов А.М. 2009. Особенности биологии донных и придонных рыб различных семейств в прикамчатских водах. *Автореферат диссертации ... д-ра биол. наук*. Владивосток: ИБМ им. А.В. Жирмунского ДВО РАН. 83 с.
- Токранов А.М. 2014. Рогатковые рыбы (Cottidae) прикамчатских вод и проблемы использования их ресурсов. *Материалы всероссийской конференции «Водные и экологические проблемы, преобразование экосистем в условиях глобального изменения климата»*. Хабаровск. С. 162–165.
- Токранов А.М. 2017. Рогатковые рыбы рода *Gymnocanthus* (Cottidae) прикамчатских вод и проблемы использования их ресурсов. *Материалы всероссийской конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование»*. Петропавловск-Камчатский. С. 176–180.
- Токранов А.М. 2018. Потенциальные объекты прибрежного рыболовства прикамчатских вод Охотского моря и проблемы использования их ресурсов. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 44. С. 109–113. DOI: 10.17217/2079-0333-2018-44-109-113.
- Шунтов В.П. 1985. Биологические ресурсы Охотского моря. Москва: Агропромиздат. 224 с.
- Югай А.В. 2008. Обоснование комплексного использования бычков семейства керчаковых дальневосточного региона для производства пищевой продукции. *Материалы научной конференции «Современное состояние биоресурсов»*. Владивосток: ФГУП «ТИНРО-центр». С. 964–967.
- Югай А.В. 2009а. Обоснование пищевого использования дальневосточных бычков семейства Cottidae. *Известия ТИНРО*. Т. 156. С. 341–347.
- Югай А.В. 2009б. Разработка формованной продукции на основе мышечной ткани бычков семейства Cottidae. *Известия ТИНРО*. Т. 157. С. 269–273.
- Югай А.В., Слуцкая Т.Н., Калиниченко Т.П. 2012. Сравнительная характеристика керчаков видов *Myoxocephalus polyacanthocephalus* и *Myoxocephalus jaok*. *Научные труды Дальрыбвтуза*. Т. 26. С. 114–119.
- Югай А.В., Слуцкая Т.Н., Классен Н.В. 2014. Исследование водоудерживающей способности рыбного фарша на основе рыбного фарша керчаков. *Вестник Астраханского государственного университета. Серия: Рыбное хозяйство*. № 4. С. 112–119.
- Aurrekoetxea G., Perera M.N. 2002. Aprovechamiento de recursos pesqueros infrautilizados para la obtencion de alimentos mejorados para el cultivo de peces. Congreso nacional de acuicultura “Acuicultura y desarrollo sostenible”, Santander, 22-25 mayo, 2001. *Bol. Inst. esp. oceanogr.* 18. № 1–4. С. 87–93.
- Burger J., Gochfeld M., Jeitner C., Burke S., Stamm T. 2007. Metal levels in flathead sole (*Hippoglossoides elassodon*) and great sculpin (*Myoxocephalus polyacanthocephalus*) from Adak Island, Alaska: Potential risk to predators and fishermen. *Environmental Research*. Vol. 103, Issue 1. P. 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2006.02.005>
- Fukushima M., Tsuda S., Yoshizawa Y. 2013. Fabrication of highly porous alumina prepared by gelation freezing route with antifreeze protein. *Journal American Ceramic Society*. Vol. 96. P. 1029–1031.
- Ideta A., Aoyagi Y., Tsuchiya K. et al. 2015. Prolonging hypothermic storage (4°C) of bovine embryos with fish antifreeze protein. *Journal of Reproduction and Development*. Vol. 61. Issue 1. P. 1–6.
- Kim M.K., Kong H.S., Youm H.W., Jee B.C. 2017. Effects of supplementation with antifreeze proteins on the follicular integrity of vitrified-warmed mouse ovaries: comparison of two types of antifreeze proteins alone and in combination. *Clin Exp Reprod Med*. Mar; 44(1). P. 8–14.
- Mahatabuddin S., Tsuda S. 2018. Applications of Antifreeze Proteins: Practical Use of the Quality Products from Japanese Fishes. In: Iwaya-Inoue M., Sakurai M., Uemura M. (eds) *Survival Strategies in Extreme Cold and Desiccation. Advances in Experimental Medicine and Biology*. Vol. 1081. Springer, Singapore.
- Mahatabuddin S., Hanada Y., Nishimiya Y. et al. 2017. Concentration-dependent oligomerization of an alpha-helical antifreeze polypeptide makes it hyperactive. *Sci. Rep.* 7:42501
- Munkner W. 2001. Über Fischereiressourcen und ihre Nutzung. *Inf. Fischwirt.* № 1. С. 29–33.
- Nishimiya Y., Mie Y., Hirano Y. et al. 2008a. Mass preparation and technological development of an antifreeze protein: toward the practical use of biomolecules. *Synthesiology*. Vol. 1. P. 7–14.
- Nishimiya Y., Kondo H., Takamichi M. et al. 2008b. Crystal structure and mutational analysis of Ca²⁺-independent type II antifreeze protein from Longsnout poacher, *Brachyopsis rostratus*. *Journal of Molecular Biology*. Vol. 382. P. 734–746.
- Reuter R., TenBrink T.T. 2008. Assessment of sculpin stocks in the eastern Bering Sea and Aleutian Islands. In: *Stock Assessment and Fishery Evaluation Report of the Groundfish Resources of the Bering Sea and Aleutian Islands Region*. Anchorage, AK: *North Pacific Fishery Management Council*. P. 1409–1448.
- Tomalty H.E., Hamilton E.F., Hamilton A. et al. 2017. Kidney preservation at subzero tempera-

tures using a novel storage solution and insect ice-binding proteins. *Cryoletters*. Vol. 38. № 2. P. 100–107.

Vasilets P.M. 2015. FMS analyst – computer program for processing data from Russian Fishery Monitoring System. DOI: 10.13140/RG.2.1.5186.0962.

URL: <https://apus.ru/site.xp/056056051.html> (дата обращения: 21.07.2023).

REFERENCES

- Aleksandrov S.N. 2003. Feed production technology. Donetsk: Stalker Publ., AST. 235 p. (in Russian).
- Badaev O.Z. 2011. Irrational use of aquatic biological resources on the example of some types of fisheries. *Voprosy rybolovstva (Problems of Fisheries)*. № 1(45). P. 162–174 (in Russian).
- Badaev O.Z. 2018. By-catch and discards in the longline fishery of the Far Eastern fishery basin. *Voprosy rybolovstva (Problems of Fisheries)*. T. 19. № 1. P. 58–72 (in Russian).
- Badaev O.Z., Golovashchenko E.V., Kazantsev P.I. 2010. Irrational use of aquatic bioresources on the example of some types of fisheries. *TINRO Archive*. № 26953. 79 p. (in Russian).
- Balykin P.A., Terentiev D.A. 2004. Organization of multi-species fisheries on the example of the Karaginsky subzone. *Voprosy rybolovstva (Problems of Fisheries)*. T. 5. № 3 (19). P. 489–499 (in Russian).
- Balykin P.A., Terentiev D.A., Buslov A.V., Bonk A.A. 2007. Distribution of quotas for the catch of aquatic biological resources, taking into account the multi-species nature of fishing. *Voprosy rybolovstva (Problems of Fisheries)*. T. 8. № 3 (31). P. 559–568 (in Russian).
- Bogdanov V.D., Karpenko V.I., Norinov E.G. 2005. Aquatic biological resources of Kamchatka: Biology, extraction methods, processing. Petropavlovsk-Kamchatsky: New Book Publ. 264 p. (in Russian).
- Borets L.A. 1997. Bottom ichthyofauna of the Russian shelf of the Far Eastern seas: composition, structure, functional elements and commercial value. Vladivostok: TINRO-Center. 217 p. (in Russian).
- Buslov A.V. 2006. Possibility of organizing and regulating multi-species fisheries in modern conditions on the example of the Petropavlovsk-Komandorskaya subzone (Eastern Kamchatka). *Voprosy rybolovstva (Problems of Fisheries)*. T. 7. № 26. P. 267–276 (in Russian).
- Vasilets P.M., Terentiev D.A. 2008. Characteristics of the fishing of aquatic biological resources in the Petropavlovsk-Komandorskaya subzone in 2001–2006. *Issledovaniya vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoj chasti Tihogo okeana (The Research of water biological resources of Kamchatka and of the northwestern part of Pacific Ocean)*. Issue 10. P. 116–135 (in Russian).
- Vasilets P.M., Terentiev D.A., Matveev A.A. 2019a. The structure of catches in various types of fishing in the Karaginsky subzone in 2003–2018 According to official statistics and scientific research. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 50. P. 73–88. DOI: 10.17217/2079-0333-2019-50-73-88 (in Russian).
- Vasilets P.M., Terentiev D.A., Matveev A.A. et al. 2019b. The structure of catches in the snurre fishery in the Petropavlovsk-Komandorskaya subarea in 2003–2017. *Issledovaniya vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoj chasti Tihogo okeana (The Research of water biological resources of Kamchatka and of the northwestern part of Pacific Ocean)*. № 52. P. 89–107 (in Russian).
- Vinnikov A.V., Terentiev D.A. 1998. The problem of “by-catch” in bottom longline fishing in the waters of Kamchatka. *Proceedings of regional conference “Topical problems of marine biology and ecology”*. Vladivostok: FENU Publ. P. 19–21 (in Russian).
- Vinnikov A.V., Terentiev D.A. 2001. Peculiarities of seasonal dynamics of “by-catch” in bottom longline fishing in Kamchatka waters. *Proceedings of young scientists conference*. Vladivostok: TINRO-Center. P. 113–115 (in Russian).
- Golenkevich A.V., Maiss A.A. 2014a. Analysis of the causes of emissions in the field of aquatic biological resources. *Rybnoe khozyaystvo (Fisheries Journal)*. № 3. P. 36–39 (in Russian).
- Golenkevich A.V., Maiss A.A. 2014b. Negative factors contributing to emissions in the field of aquatic biological resources. *Rybnoe khozyaystvo (Fisheries Journal)*. № 6. P. 38–42 (in Russian).
- Golenkevich A.V., Maiss A.A. 2014b. Emissions: who is to blame and what to do? URL: <https://fishnews.ru/rubric/krupnyim-planom/8238> (accessed: 25.07.2023) (in Russian).
- Golenkevich A.V., Maiss A.A. 2015. Strategic approaches to developing a national bycatch and discard management plan. *Rybnoe khozyaystvo (Fisheries Journal)*. № 1. P. 26–29 (in Russian).
- Didenko A.N., Borovskaya G.A., Drozdova L.I., Lavrova N.A. 1983. Technochemical characteristics and recommendations for the rational use of gobies. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. T. 108. P. 13–19 (in Russian).
- Ivanov A.N. 2002. On the by-catch of fish in the pollock fishery near southwestern Kamchatka and the northern Kuril Islands in November 2000. *Rybnoe khozyaystvo (Fisheries Journal)*. № 1. P. 105–117 (in Russian).
- Kochikov V.N. 1997. Interdepartmental ichthyological commission raises important problems of fisheries. *Rybnoe khozyaystvo. Seriya Biopromyslovyie i ekonomicheskie voprosy mirovogo rybolovstva (Fisheries Journal. Series Biofishing and eco-*

- nomie issues of world fishery). № 6. P. 21–29 (in Russian).
- Lagovskaya E.A. 1947a. Marine fish of Primorye as a raw material for obtaining vitamin fats. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. T. 23. P. 3–10 (in Russian).
- Lagovskaya E.A. 1947b. The content of vitamin A in marine fish of Kamchatka. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. T. 23. P. 11–20 (in Russian).
- Matveev A.A. 2021. Long-term dynamics of biomass, distribution, fishing and some aspects of the biology of mass species of horned beetles near Western Kamchatka. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatGTU. 22 p. (in Russian).
- Matveev A.A., Terentiev D.A. 2016. Fisheries, long-term dynamics of biomass, distribution and size composition of mass species of sculpins Cottidae near the western coast of Kamchatka. *Issledovaniya vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoy chasti Tihogo okeana (The Research of water biological resources of Kamchatka and of the northwestern part of Pacific Ocean)*. № 41. P. 17–42. DOI: 10.15853/2072-8212.2016.41.17–42. (in Russian).
- Matveev A.A., Stokoz A.K. 2019. Long-term average distribution and size composition of *Gymnocanthus detrisus* Gilbert et Burke, 1912 (Cottidae) in summer near the western coast of Kamchatka. *Proceedings of scientific conference of young scientist “Modern problems and prospects for the development of the fishery complex”*. Moscow: VNIRO. P. 305–308 (in Russian).
- Matveev A.A., Terentiev D.A., Vasilets P.M. 2019. Comparative analysis of the species composition of catches in various types of fisheries off the western coast of Kamchatka in 2003–2017. *Issledovaniya vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoy chasti Tihogo okeana (The Research of water biological resources of Kamchatka and of the northwestern part of Pacific Ocean)*. Issue 54. P. 17–42 (in Russian).
- Matveev A.A., Balanov A.A., Panchenko V.V. 2021. Distribution, size-sex composition and stock status of *Gymnocanthus pistilliger* (Cottidae) off the western coast of Kamchatka in summer. *Voprosy ichtiologii (Journal of Ichthyology)*. T. 61. № 2. P. 167–176 (in Russian).
- Ogorodnikova A.A. 2015. Bioeconomic assessment of the commercial stock of bioresources in the Sea of Okhotsk. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. T. 183. P. 97–111 (in Russian).
- Orlov A.M. 2004. Biological aspects of the problem of non-commercial by-catch and the conservation of biological diversity of fish. *Proceedings of Russian scientific conference “Conservation of the biodiversity of Kamchatka and adjacent seas”*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 132–135 (in Russian).
- Panchenko V.V. 2013. Size-age composition and population dynamics of the filamentous helmet *Gymnocanthus pistilliger* (Cottidae) in Peter the Great Bay (Sea of Japan). *Voprosy rybolovstva (Problems of Fisheries)*. T. 14. № 2 (54). P. 208–218 (in Russian).
- Regulations on the functioning of the sectoral hierarchical information-analytical automated control system for the use of aquatic biological resources. Appendix to the Order of the State Committee for Fisheries of Russia dated October 10, 1996. № 185. Moscow. 78 p. (in Russian).
- Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation of 04.06.2018 № 228 “On Amendments to the Fishing Rules for the Far Eastern Fisheries Basin, approved by Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation of October 21, 2013 № 385”. (in Russian).
- Pyrkov V.N., Solodilov A.V., Degai A.Yu. 2015. Creation and implementation of new satellite technologies in the fishery monitoring system. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa (Current Problems in Remote Sensing of the Earth from Space)*. T. 12. № 5. P. 251–262 (in Russian).
- Smirnov A.N. 1970. Biological substantiation of rational fishing for sculpins in the Sea of Azov. *Trudy Vsesojuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta morskogo rybnogo hozjajstva i okeanografii (VNIRO). (Proceedings of the All-Union Scientific Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (VNIRO))*. T. LXXI (71). UDC 639.239 (262.54) (in Russian).
- Terentiev D.A. 2006. The structure of catches of marine fisheries and multi-species fisheries in the Kamchatka waters. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Vladivostok: TINRO-Center. 24 p. (in Russian).
- Terentiev D.A., Balykin P.A., Vinnikov A.V. 2005. Marine fisheries in the eastern part of the Sea of Okhotsk. *Rybnoe khozyaystvo (Fisheries Journal)*. № 6. P. 49–52 (in Russian).
- Terentiev D.A., Vasilets P.M., Matveev A.A. 2019. Organization of multi-species fisheries based on catch patterns in different fisheries in 2003–2017. *Issledovaniya vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoy chasti Tihogo okeana (The Research of water biological resources of Kamchatka and of the northwestern part of Pacific Ocean)*. Issue 53. P. 5–21 (in Russian).
- Tokranov A.M. 1985. Biology of mass species of sculpins (family Cottidae) in Kamchatka waters. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Vladivostok: FESC AS USSR. 22 p. (in Russian).

- Tokranov A.M. 1988. Species composition and biomass of horned beetles (Pisces: Cottidae) in coastal waters of Kamchatka. *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytatelej prirody. Otdel biologicheskij (Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. Biological Series)*. T. 93. Issue 4. P. 61–69 (in Russian).
- Tokranov A.M. 1990. Results of research and the possibility of harvesting hornfish (Cottidae) in the coastal waters of Kamchatka. *All-Union conference "Reserve food biological resources of the open ocean and seas of the USSR"* (March 20–22, 1990). Moscow: AtlantNIRO, VNIRO. P. 33–35 (in Russian).
- Tokranov A.M. 2002. "Non-traditional" objects of fishery: is the development of their reserves realistic today? *Rybnoe khozyaystvo (Fisheries Journal)*. № 6. P. 41–43 (in Russian).
- Tokranov A.M. 2009. Features of the biology of bottom and bottom fish of various families in the Kamchatka waters. *Abstract of the doctor dissertation for biological sciences*. Vladivostok: IBM named after A.V. Zhirmunsky FEB RAS. 83 p. (in Russian).
- Tokranov A.M. 2014. Horned fishes (Cottidae) of Kamchatka waters and problems of using their resources. *Proceedings of the All-Russian conference "Water and environmental problems, transformation of ecosystems in the context of global climate change"*. Khabarovsk. P. 162–165 (in Russian).
- Tokranov A.M. 2017. Sculpins of the genus *Gymnancanthus* (Cottidae) of Kamchatka waters and problems of using their resources. *Proceedings of the All-Russian conference "Natural resources, their current state, protection, commercial and technical use"*. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 176–180 (in Russian).
- Tokranov A.M. 2018. Potential objects of coastal fishing in the Kamchatka waters of the Sea of Okhotsk and the problems of using their resources. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 44. P. 109–113. DOI: 10.17217/2079-0333-2018-44-109-113. (in Russian).
- Shuntov V.P. 1985. Biological resources of the Sea of Okhotsk. Moscow: Agropromizdat Publ. 224 p. (in Russian).
- Yugay A.V. 2008. Substantiation of the complex use of sculpins of the sculpin family of the Far East region for the production of food products. *Proceedings of scientific conference "Current state of bioresources"*. Vladivostok: TINRO-Center. P. 964–967 (in Russian).
- Yugay A.V. 2009a. Substantiation of the food use of the Far Eastern sculpins of the family Cottidae. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. T. 156. P. 341–347 (in Russian).
- Yugay A.V. 2009b. Development of molded products based on the muscle tissue of sculpins of the Cottidae family. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. T. 157. P. 269–273 (in Russian).
- Yugai A.V., Slutskaya T.N., Kalinichenko T.P. 2012. Comparative characteristics of the sculpins of the species *Myoxocephalus polyacanthocephalus* and *Myoxocephalus jaok*. *Nauchnye trudy Dal'rybvtuza (Scientific Journal of the Far East State Technical Fisheries University)*. T. 26. P. 114–119 (in Russian).
- Yugay A.V., Slutskaya T.N., Klassen N.V. 2014. Research on the water-retaining capacity of minced fish based on kercyak minced fish. *Vestnik AGTU. Seriya: Rybnoe khozyaystvo (Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry)*. № 4. P. 112–119 (in Russian).
- Aurrekoetxea G., Perera M.N. 2002. Aprovechamiento de recursos pesqueros infrautilizados para la obtencion de alimentos mejorados para el cultivo de peces. *Congreso nacional de acuicultura "Acuicultura y desarrollo sostenible"*, Santander, 22–25 mayo, 2001. *Bol. Inst. esp. oceanogr.* 18. № 1–4. C. 87–93.
- Burger J., Gochfeld M., Jeitner C., Burke S., Stamm T. 2007. Metal levels in flathead sole (*Hippoglossoides elassodon*) and great sculpin (*Myoxocephalus polyacanthocephalus*) from Adak Island, Alaska: Potential risk to predators and fishermen. *Environmental Research*. Vol. 103. Issue 1. P. 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2006.02.005>
- Fukushima M., Tsuda S., Yoshizawa Y. 2013. Fabrication of highly porous alumina prepared by gelation freezing route with antifreeze protein. *Journal American Ceramic Society*. Vol. 96. P. 1029–1031.
- Ideta A., Aoyagi Y., Tsuchiya K. et al. 2015. Prolonging hypothermic storage (4°C) of bovine embryos with fish antifreeze protein. *Journal of Reproduction and Development*. Vol. 61. Issue 1. P. 1–6.
- Kim M.K., Kong H.S., Youm H.W., Jee B.C. 2017. Effects of supplementation with antifreeze proteins on the follicular integrity of vitrified-warmed mouse ovaries: comparison of two types of antifreeze proteins alone and in combination. *Clin Exp Reprod Med*. Mar; 44(1). P. 8–14.
- Mahatabuddin S., Tsuda S. 2018. Applications of Antifreeze Proteins: Practical Use of the Quality Products from Japanese Fishes. In: Iwaya-Inoue M., Sakurai M., Uemura M. (eds) *Survival Strategies in Extreme Cold and Desiccation. Advances in Experimental Medicine and Biology*. Vol. 1081. Springer, Singapore.
- Mahatabuddin S., Hanada Y., Nishimiya Y. et al. 2017. Concentration-dependent oligomerization

- of an alpha-helical antifreeze polypeptide makes it hyperactive. *Sci. Rep.* 7:42501
- Munkner W. 2001. Über Fischereiressourcen und ihre Nutzung. *Inf. Fischwirt.* № 1. С. 29–33.
- Nishimiya Y., Mie Y., Hirano Y., Kondo H., Miura A., Tsuda S. 2008a. Mass preparation and technological development of an antifreeze protein: toward the practical use of biomolecules. *Synthesiology*. Vol. 1. P. 7–14.
- Nishimiya Y., Kondo H., Takamichi M. et al. 2008b. Crystal structure and mutational analysis of Ca²⁺-independent type II antifreeze protein from Longsnout poacher, *Brachyopsis rostratus*. *Journal of Molecular Biology*. Vol. 382. P. 734–746.
- Reuter R., TenBrink T.T. 2008. Assessment of sculpin stocks in the eastern Bering Sea and Aleutian Islands. In: Stock Assessment and Fishery Evaluation Report of the Groundfish Resources of the Bering Sea and Aleutian Islands Region. Anchorage, AK: *North Pacific Fishery Management Council*. P. 1409–1448.
- Tomalty H.E., Hamilton E.F., Hamilton A. et al. 2017. Kidney preservation at subzero temperatures using a novel storage solution and insect ice-binding proteins. *Cryoletters*. Vol. 38. № 2. P. 100–107.
- Vasilets P.M. 2015. FMS analyst – computer program for processing data from Russian Fishery Monitoring System. DOI: 10.13140/RG.2.1.5186.0962.
- URL: <https://apus.ru/site.xp/056056051.html> (accessed: 21.07.2023).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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

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

Терентьев Дмитрий Анатольевич – Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО); 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук; ведущий научный сотрудник; terentiev.d.a@kamniro.ru. SPIN-код: 7683-0918; Author ID: 752047.

Terentiev Dmitry Anatolyevich – Kamchatka Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO); 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences; Leading Researcher; terentiev.d.a@kamniro.ru. SPIN-code: 7683-0918; Author ID: 752047.

Статья поступила в редакцию 08.08.2023; одобрена после рецензирования 18.12.2023; статья принята к публикации 25.12.2023.

The article was submitted 08.08.2023; approved after reviewing 18.12.2023; accepted for publication 25.12.2023.

УДК [582.272.46:581.95]"2018-2023"(265.53)

DOI: 10.17217/2079-0333-2023-66-58-79

**НАХОДКИ ЛАМИНАРИЕВЫХ И ДРУГИХ ВОДОРΟΣЛЕЙ
В УЛОВАХ ДОННЫМ ТРАЛОМ И ЯРУСОМ
У ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАМЧАТКИ В 2018–2023 гг.**

Климова А.В.^{1,2}, Матвеев А.А.³, Клочкова Т.А.¹, Клочкова Н.Г.²

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

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

³ Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18.

Приводятся сведения о находках морских макроводорослей при проведении донных тралений и ярусного промысла на западнокамчатском шельфе в 2018–2023 гг. В период исследования водоросли были отмечены на 65 станции в диапазоне глубин от 20 до 350 м. Большинство находок было обнаружено в Камчатско-Курильской промысловой подзоне, в пределах Южно-Камчатского заказника. Среди макрофитов преобладали представители порядка Laminariales – *Agarum pertusum*, *A. clathratum*, *Alaria esculenta*, *Arthrothamnus bifidus*, *Eualaria fistulosa*, *Hedophyllum bongardianum*, *H. dentigerum*, *Laminaria yezoensis*, *Laminaria inclinatoriza* и *Thalassiphyllum clathrus*. Для Юго-Западной Камчатки были обнаружены только 9 из 13 указанных в литературных источниках видов ламинариевых водорослей. Единично встречались бурые водоросли *Fucus distichus*, *Desmarestia intermedia*, красные – *Ptilota asplenoides*, *Turnerella mertensiana* и пластинчатая зеленая водоросль – *Ulva fenestrata*. Сравнительный анализ данных аэрофотосъемки прибрежных районов от мыса Сивучьего до мыса Лопатка в 2002 г. и современных спутниковых снимков не выявил существенных изменений в распределении литоральных и сублиторальных зарослей водорослей. В исследованной нами береговой полосе мысов Сивучьего, Камбального и Марии ламинариевый пояс со средней шириной 100–130 м достигал в летний период 2018–2023 гг. суммарной площади покрытия 1,92 км². Привлечение сопутствующих данных при проведении учетных донных траловых съемок промысловых беспозвоночных и рыб, ярусного промысла трески *Gadus macrocephalus*, совместно с анализом спутниковых снимков позволяет экспертно оценить изменения видового состава и распространения ламинариевых водорослей, а также является перспективным инструментом для мониторинга состояния сообществ макрофитов в дальневосточных морях России.

Ключевые слова: глубоководные выбросы, донные траления, донный ярус, Западная Камчатка, макроводоросли, спутниковые снимки, *Arthrothamnus radicans*, Laminariales.

**RECORD OF LAMINARIACEAN ALGAE AND OTHER MACROPHYTES
AT BOTTOM TRAWL AND LONGLINE SURVEYS
ON THE WESTERN COAST OF KAMCHATKA IN 2018–2023**

Klimova A.V.^{1,2}, Matveev A.A.³, Klochkova T.A.¹, Klochkova N.G.²

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

² Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, Partyzanskaya Str. 6.

³ Kamchatka Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberezhnaya Str. 18.

Data are provided on findings of marine macroalgae during bottom trawls and longline fishing on the Western Kamchatka shelf in 2018-2023. During the study period, algae were noted at 65 stations in the depth range from 20 to 350 m. Most of the algae findings were found in the Kamchatka-Kuril fishing subzone, within the South Kamchatka Nature Reserve. Among the macrophytes, representatives of the order Laminariales predominated: *Agarum pertusum*, *A. clathratum*, *Alaria esculenta*, *Arthrothamnus bifidus*, *Eualaria fistulosa*, *Hedophyllum bongardianum*, *H. dentigerum*, *Laminaria yezoensis*, *Laminaria inclinatoriza* and *Thalassiophyllum clathrus*. For southwestern Kamchatka, only 9 out of 13 species of kelp algae indicated in the literature were discovered. Brown algae *Fucus distichus*, *Desmarestia intermedia*, red algae – *Ptilota asplenioides*, *Turnerella mertensiana* and lamellar green algae – *Ulva fenestrata* were found sporadically. A comparative analysis of aerial photography data of coastal areas from Cape Sivuchy to Cape Lopatka in 2002 and modern satellite images did not reveal significant changes in the distribution of littoral and sublittoral algae beds. In the coastal line of capes Sivuchy, Kambalny and Maria that we studied, the kelp belt with an average width of 100-130 m reached in the summer of 2018–2023 the total coverage area is 1.92 km². The use of accompanying data when conducting bottom surveys of commercial invertebrates and fish, longline cod fisheries, together with the analysis of satellite images, allows for an expert assessment of changes in the species composition and distribution of kelp algae, and is also a promising tool for monitoring the state of macrophyte communities in the Far Eastern seas of Russia.

Key words: deepwater drifting plants, bottom trawl surveys, bottom longline, Western Kamchatka, macrophytes, satellite image, *Arthrothamnus radicans*, Laminariales.

ВВЕДЕНИЕ

Актуализация сведений о видовом составе и распространении представителей порядка Laminariales в Мировом океане до сих пор остается важной флористической задачей. Это связано, во-первых, с их исключительной экологической значимостью в прибрежных сообществах [Duarte et al., 2022; Eger et al., 2023]. Во-вторых, динамичными колебаниями ареалов водорослей в связи с изменением климата, отрицательными биотическими взаимодействиями и интенсивным хозяйственным использованием [Krumhansl et al., 2016; Teagle et al., 2017; Miller et al., 2023].

В умеренных широтах сообщества ламинариевых водорослей занимают в прибрежных районах обширные площади, что, безусловно, затрудняет проведение детального учета их современного распространения и ресурсного потенциала. Поэтому в настоящее время развиваются дистанционные методы оценки запасов промысло-

вых и структурообразующих видов в прибрежных экосистемах [Cavanaugh et al., 2021; Bell et al., 2023]. Активно создаются модели изменений площади покрытия ламинариевыми водорослями субстрата в зависимости от его типа и параметров среды, как правило, температуры и биогенных элементов [Drakard et al., 2023]. Прогнозирование изменений ареалов структурообразующих видов позволяет предпринять меры по регулированию их рационального освоения, сохранения и восстановления.

Дальневосточные моря России богаты значительными ресурсами водорослей-макрофитов [Ресурсы ..., 2020; Суховеева, Подкорытова, 2006]. По современным данным, суммарный промысловый запас бурых водорослей оценен здесь в 1 млн т сырой массы [Аминина, 2015]. При этом в прибрежных районах Камчатки сконцентрированы до 20% от общего ресурсного потенциала морской растительности региона, из которых подавляющая часть приходится на ламинариевые водоросли – 220 тыс. т. Кроме

того, акватории Камчатки являются важным районом стыка эндемичных альгофлор Курильских островов, северной части Охотского моря, Алеутских островов и Аляски.

Видовой состав ламинариевых водорослей в прикамчатских водах активно изучается [Евсеева, 2018, 2019; Климова и др., 2021; Ключкова Н.Г. и др., 2020; Ключкова Т.А. и др., 2019, 2022; Klimova et al., 2023; Klochkova et al., 2021]. Однако не все участки этого обширного района изучены в равной мере. Значительная протяженность береговой полосы затрудняет проведение здесь мониторинга состояния массовых видов водорослей. Так, последние масштабные промысловые съемки их запасов были проведены у берегов Западной Камчатки в 1962–1966 гг. [Возжинская, Блинова, 1970], у Восточной Камчатки – в 1988 г. [Вилкова и др., 2012].

Настоящее исследование является обобщением данных, полученных при проведении донных тралений и ярусного промысла на шельфе Западной Камчатки в 2018–2023 гг. В работе представлен анализ сопутствующих материалов, собранных при промысле трески, учетных траловых съемках морских беспозвоночных и рыб, для уточнения современного видового состава массовых видов макроводорослей и оценки изменений их распространения в районе со слабой изученностью состояния запасов морской растительности в пределах Южно-Камчатского заказника.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Образцы водорослей-макрофитов были собраны в ходе проведения донных тралений и донного ярусного промысла у берегов Западной Камчатки в период 2018–2023 гг. В 2018–2022 гг. донную траловую съемку выполняли в летние месяцы на НИС

«ТИНРО», НИС «Профессор Кагановский» и НИС «Дмитрий Песков» (табл. 1). Всего за период 2018–2022 гг. было выполнено 1 039 учетных тралений, в том числе 544 в Камчатско-Курильской и 495 – в Западно-Камчатской промысловых подзонах. В 2023 г. сбор материалов осуществляли в зимний период на СЯМ «Лагарт», где было выполнено 136 ярусопостановок в Камчатско-Курильской промысловой подзоне. В 2018–2021 гг. в качестве орудия лова использовался донный трал 27,1/24,4 м со стандартным горизонтальным раскрытием 16,26 м, в 2023 г. – ярус донный, при этом выставленный порядок включал в среднем 11 кассет, каждая из которых протяженностью 900 м была снаряжена 750 крючками. В первом случае глубины тралений варьировали от 11 до 302 м, во втором достигали 112–440 м (табл. 1).

Обнаруженные в орудиях лова макроводоросли и их опознаваемые фрагменты разбирали по группам, фотографировали, отмечали дату сбора и координаты. Станции донных тралений, ярусопостановок и места сбора образцов водорослей приведены на рисунке 1. Необходимо отметить, что учет водорослей при проведении донных исследований и промысла производился не всегда. Макрофиты не являлись основными объектами исследований или промысла, поэтому их изучение не входило в научные программы экспедиций. В связи с этим в настоящей работе представлены сведения о находках только тех образцов, видовое определение которых было сделано на основе изучения целых слоевищ или хорошо опознаваемых фрагментов.

Видовую принадлежность собранного альгологического материала определяли с помощью специальной научной литературы [Белый, 2013; Емельянова, 2006; Ключкова и др., 2009а, 2009б; Перестенко, 1994]. Современный таксономический ста-

тус водорослей уточняли согласно электронному portalу AlgaeBase [Guiry, Guiry, 2023]. Для каждого вида приведены сведения о координатах места, дате сбора и глубинах, на которых выполнялась траловая операция. Кроме того, дана информация о распространении этих же видов в альгофлоре сопредельных районов.

Для составления карт распределения водорослей использовали архивные спутниковые снимки отдельных районов Юго-Западной Камчатки, выгруженные с портала SoarEarth (<https://soar.earth/>). В настоящей работе проанализированы прибрежные участки мысов Сивучьего, Камбального и Марии, суммарно составляющие 28,2 км² береговой линии. Снимки были сделаны с помощью сенсора Sentinel-2 с разрешением 10 м на 1 пиксель. На портале SoarEarth просматривали все снимки района за период с мая по сентябрь 2018–2023 гг. После отбраковки снимков с облачностью, бликами, сильным волнением и снимков, сделанных в период максимальных приливов, пригодных для визуализации водорослевых полей, осталось всего 111 изображений. Базовый слой карты района исследований в системе координат WGS 1984

скачивали с портала OpenStreetMap (<https://www.openstreetmap.org>). Оконтуривание зарослей, составление карт распределения и расчет площадей полей водорослей выполняли в программном обеспечении QGIS 3.32.0-Lima.

Дополнительно была проведена оцифровка видеосъемки водорослевого пояса от реки Озерной до мыса Лопатка, проводившейся одним из авторов настоящей работы, Н.Г. Ключковой, и сотрудниками «ООО ИНКАМ» в августе – сентябре 2002 г. Видеосъемка выполнялась с помощью видеокамеры Sony Handycam Video-8 с самолета, оборудованного блистером. Самолет летел вдоль береговой линии у границы «вода-суша» на высоте (180 ± 20) м таким образом, чтобы в поле зрения камеры попадала фитальная зона шельфа и прилегающая к ней полоса берега. В местах, где водорослевый пояс расширялся и не входил в обзор камеры, оператор снимал заросли водорослей по всей ширине образованного ими пояса. Используя крупномасштабные карты, по приметным ориентирам береговой линии (устьям рек, мысам, небольшим бухточкам и т. д.) определял географические координаты района съемки.

Таблица 1. Сведения о донных траловых съемках и ярусном промысле, выполненных у западного побережья Камчатки в 2018–2023 гг.

Table 1. Information on bottom trawl surveys and longline fishing carried out off the western coast of Kamchatka in 2018–2023

№ п/п	Период работ	Судно	Орудие лова	Количество станций, шт.	Глубина тралений / ярусопостановок, м
1	28.05.2018–03.07.2018	НИС «ТИНРО»	донный трал 27,1	220	12–211
2	11.06.2019–12.07.2019	НИС «Профессор Кагановский»	донный трал 27,1	218	13–275
3	04.06.2020–06.07.2020	НИС «ТИНРО»	донный трал 27,1	224	11–306
4	01.06.2021–05.07.2021	«Дмитрий Песков»	донный трал 27,1	139	14–302
5	12.07.2022–17.08.2022	НИС «Профессор Кагановский»	донный трал 27,1	238	14–452
6	04.01.2023–02.02.2023	СЯМ «Лагарт»	донный ярус	136	112–440

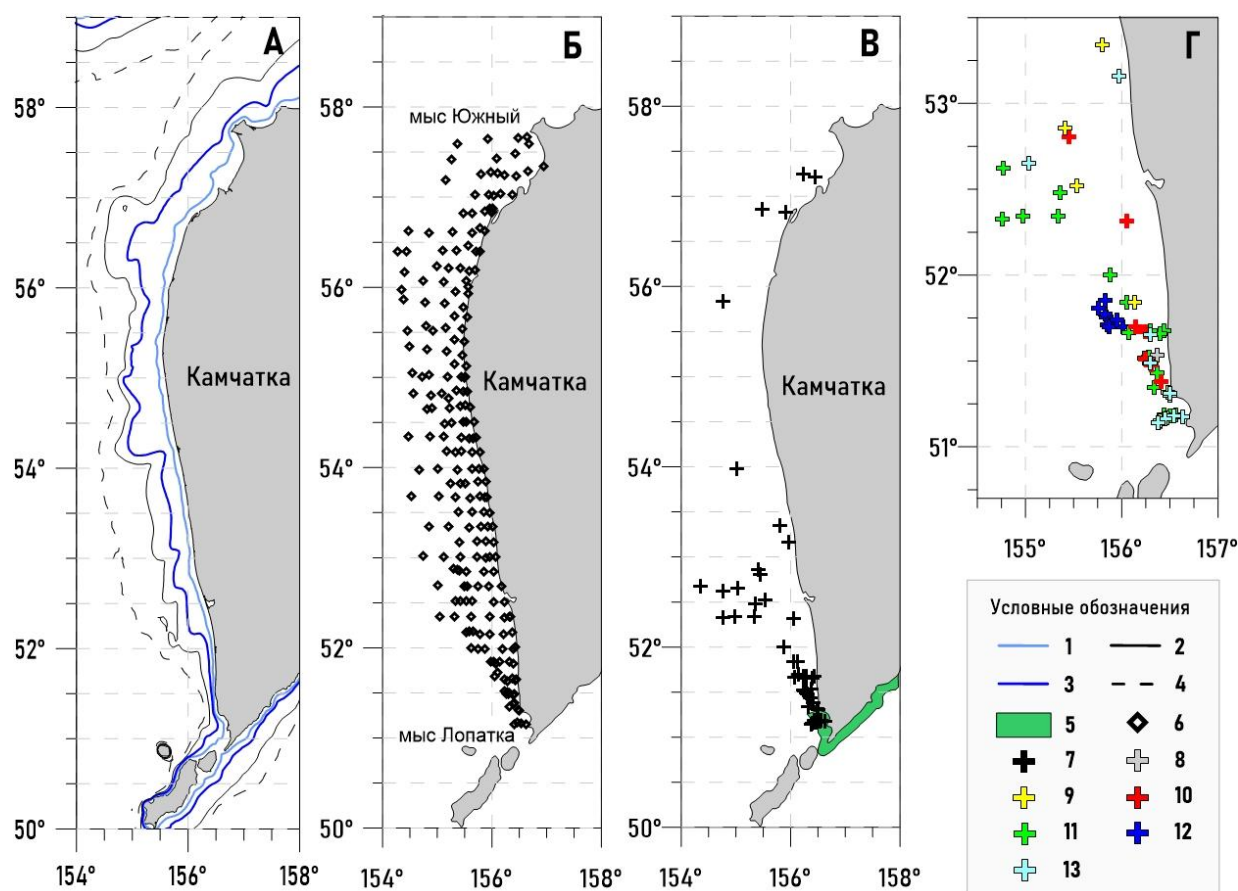


Рис. 1. Карта-схема района исследований у Западной Камчатки 2018–2023 гг.: А – распределение изобат вдоль побережья, Б – места типового полигона донных тралений (на примере 2019 г.), В – станции находок водорослей-макрофитов за период 2018–2023 гг., Г – юго-западный район с находками водорослей, дифференцированными по годам. Условные обозначения: 1 – изобата 20 м, 2 – изобата 50 м, 3 – изобата 100 м, 4 – изобата 200 м, 5 – территория Южно-Камчатского заказника, 6 – места тралений, 7 – станции, на которых были собраны водоросли, 8 – находки водорослей в 2018 г., 9 – находки водорослей в 2019 г., 10 – находки водорослей в 2020 г., 11 – находки водорослей в 2021 г., 12 – находки водорослей в 2022 г., 13 – находки водорослей в 2023 г.

Fig. 1. Schematic maps of study area near western coast of Kamchatka in 2019–2023: A – distribution of isobaths along the coast, Б – all stations of bottom trawl surveys in 2019, В – collection sites of macrophytes in 2018–2023, Г – southwestern region with finds of algae, differentiated by year. Legend: 1 – 20 m isobath, 2 – 50 m isobath, 3 – 100 m isobath, 4 – 200 m isobath, 5 – territory of the South Kamchatka Nature Reserve, 6 – trawling sites, 7 – stations where algae were collected, 8 – finds of algae in 2018, 9 – finds of algae in 2019, 10 – finds of algae in 2020, 11 – finds of algae in 2021, 12 – finds of algae in 2022, 13 – finds of algae in 2023

Обработку оцифрованных материалов видеосъемки выполняли с помощью медиапроигрывателя Light Alloy (Vortex Team), с помощью которого были получены стоп-кадры отдельных участков берега. В случае обнаружения зарослей водорослей, полученные фотоизображения состыковывались для определения конфигурации и размера полей ламинариевых водорослей. Построение карт-схем района исследований выполняли в Surfer 11.6.1159

(Golden Software), обработку исходных данных донных съемок – в GraphPad Prism 10.0.2. (GraphPad Software).

Дополнительно провели анализ данных температурных аномалий поверхностного слоя воды (SST, °C) для прибрежных районов залива Камбального за июнь – август 2000–2023 гг. Значения аномалий SST получены с портала National Centers for Environmental Information (<https://www.ncdc.noaa.gov/cag/>) [NOAA, 2023].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За период проведения донных съемок у Западной Камчатки в 2018–2023 гг. водоросли были обнаружены на 65 траловых станциях. Видовая принадлежность была определена у 81 образца, остальная часть альгологического материала представляла собой фрагменты пластин, идентификация которых была затруднительна, далее в списках такие находки отмечены как представители Laminariales. Среди представителей класса Phaeophyceae за период исследований встречены 11 видов, среди отдела Rhodophyta только два и среди отдела Chlorophyta – один (табл. 2). В 2018 г. был обнаружен один вид порядка ламинариевых – *Arthrothamnus bifidus*. В 2019 г. находки водорослей отмечены на девяти станциях, в июне 2020 г. – на таком же количестве станций. В следующем году образцы водорослей были собраны из

22 донных тралений, в 2022 г. из 13 тралений. В зимний период (январь – февраль) 2023 г. представители макрофитов обнаружены при выборке 11 ярусных порядков.

В основном водоросли были обнаружены в Камчатско-Курильской промысловой подзоне, до 54° с. ш. (рис. 2, А). При этом на глубинах, к которым приурочены заросли ламинариевых, найдена лишь малая часть образцов, относящихся к семействам Arthrothamnaceae и Laminariaceae. Все остальные находки водорослей являлись частью глубоководных выбросов. Учитывая широтное распределение находок, следует отметить, что среди порядка Laminariales представители семейств Alariaceae, Agaraceae и Arthrothamnaceae обнаружены только в непосредственной близости к границе Южно-Камчатского заказника (рис. 2, Б). Такое распределение хорошо согласуется с литературными данными [Емельянова, 2006; Ключкова и др., 2009а; Selivanova, Zhigadlova, 2013].

Таблица 2. Места сбора водорослей и глубины тралений на шельфе Западной Камчатки

Table 2. Collection sites of macrophytes and data of bottom trawl surveys on the western coast of Kamchatka

№ п/п	№ станции	Дата траления	Координаты	Глубина, м	Вид	Примечание
1	15	29.05.2018	51.533, 156.37	36	<i>Arthrothamnus bifidus</i>	8 экземпляров
2	8	12.06.2019	51.168, 156.468	70	<i>Alaria esculenta</i>	фрагмент пластины
3	9	12.06.2019	51.152, 156.403	80	<i>Arthrothamnus bifidus</i> , <i>Agarum clathratum</i> , <i>Ptilota asplenoides</i> , <i>Thalassiphyllum clathrus</i>	4 экземпляра, слоевище без ризоидов, фрагмент ветви, фрагмент пластины
4	13	12.06.2019	51.317, 156.485	60	<i>Turnerella mertensiana</i>	целое слоевище
5	29	14.06.2019	51.842, 156.135	60	<i>Alaria esculenta</i>	фрагмент пластины
6	53	17.06.2019	52.52, 155.538	70	<i>Agarum clathratum</i>	слоевище без ризоидов
7	65	19.06.2019	52.857, 155.413	71	<i>Eualaria fistulosa</i>	фрагмент пластины
8	82	21.06.2019	53.343, 155.8	40	<i>Alaria esculenta</i>	фрагмент пластины
9	160	01.07.2019	55.833, 154.772	101	<i>Fucus distichus</i>	2–3 экземпляра
10	215	10.07.2019	57.243, 156.228	42	<i>Laminaria inclinatoriza</i>	слоевище без ризоидов
11	2	04.06.2020	51.18, 156.542	59	<i>Alaria esculenta</i> , <i>Ptilota asplenoides</i>	фрагмент пластины, фрагмент ветви
12	4	04.06.2020	51.148, 156.398	80	<i>Arthrothamnus bifidus</i> , <i>Agarum clathratum</i> , <i>Fucus distichus</i> , <i>Thalassiphyllum clathrus</i> <i>Desmarestia intermedia</i>	3 экземпляра, фрагмент пластины, фрагмент ветви, нижняя часть слоевища, фрагмент ветви

Продолжение табл. 2

Continuation of the table 2

№ п/п	№ станции	Дата траления	Координаты	Глубина, м	Вид	Примечание
13	9	05.06.2020	51.378, 156.413	75	<i>Arthrothamnus bifidus</i>	фрагмент пластины
14	10	05.06.2020	51.512, 156.248	95	<i>Turnerella mertensiana</i>	целое слоевище
15	12	05.06.2020	51.478, 156.307	78	<i>Arthrothamnus bifidus</i>	2-4 экземпляра
16	21	06.06.2020	51.672, 156.242	55	<i>Alaria esculenta</i> , <i>Eualaria fistulosa</i>	фрагмент пластины, фрагмент пластины
17	22	06.06.2020	51.7, 156.142	70	<i>Eualaria fistulosa</i>	фрагмент пластины
18	46	09.06.2020	52.312, 156.048	46	<i>Eualaria fistulosa</i>	нижняя часть слоевища
19	68	12.06.2020	52.803, 155.455	67	<i>Fucus distichus</i>	целое слоевище
20	1	01.06.2021	51.183, 156.562	57	<i>Alaria esculenta</i> , <i>Laminaria yezoensis</i> , <i>Hedophyllum dentigerum</i> , <i>Ptilota asplenoides</i>	3 фрагмента слоевища, целое растение, пластина со стволиком, фрагмент ветви
21	2	01.06.2021	51.178, 156,5	69	<i>Alaria esculenta</i> , <i>Thalassiphyllum clathrus</i>	целое слоевище, пластина со стволиком
22	3	01.06.2021	51.183, 156.438	81	<i>Arthrothamnus bifidus</i>	4 экземпляра
23	4	02.06.2021	51.432, 156.367	70	<i>Alaria esculenta</i> , <i>Laminaria yezoensis</i>	нижняя часть слоевища, 3 слоевища
24	5	02.06.2021	51.342, 156.333	150	<i>Laminariales</i>	фрагмент пластины
25	6	02.06.2021	51.518, 156.24	98	<i>Laminariales</i>	фрагмент пластины
26	7	02.06.2021	51.513, 156.263	88	<i>Laminariales</i>	фрагмент пластины
27	8	02.06.2021	51.522, 156.278	74	<i>Laminariales</i>	фрагмент пластины
28	9	02.06.2021	51.522, 156.292	68	<i>Laminariales</i>	фрагмент пластины
29	11	03.06.2021	51.678, 156.438	20	<i>Arthrothamnus bifidus</i>	8-10 экземпляров
30	12	03.06.2021	51.657, 156.395	30	<i>Arthrothamnus bifidus</i>	6-8 экземпляров
31	13	03.06.2021	51.673, 156.297	48	<i>Arthrothamnus bifidus</i>	6-8 экземпляров
32	16	03.06.2021	51.663, 156.077	120	<i>Agarum clathratum</i>	целое слоевище
33	18	04.06.2021	51.842, 156.057	69	<i>Fucus distichus</i>	фрагмент ветви
34	24	08.06.2021	52.002, 155.88	75	<i>Eualaria fistulosa</i>	фрагмент пластины
35	35	10.06.2021	52.34, 155.337	120	<i>Eualaria fistulosa</i>	фрагмент пластины
36	36	10.06.2021	52.342, 154.975	223	<i>Eualaria fistulosa</i>	фрагмент пластины
37	37	10.06.2021	52.325, 154.758	300	<i>Eualaria fistulosa</i>	нижняя часть слоевища
38	38	10.06.2021	52.622, 154.768	250	<i>Eualaria fistulosa</i>	фрагмент пластины
39	39	11.06.2021	52.477, 155.358	90	<i>Eualaria fistulosa</i>	фрагмент пластины
40	134	04.07.2021	56.827, 155.917	30	<i>Laminaria yezoensis</i>	фрагмент султана
41	136	04.07.2021	56.85, 155.475	99	<i>Hedophyllum bongardianum</i>	целое слоевище
42	1	12.07.2022	51.172, 156.637	39	<i>Laminaria yezoensis</i>	2 экземпляра
43	2	12.07.2022	51.177, 156.542	60	<i>Alaria esculenta</i> , <i>Arthrothamnus bifidus</i> , <i>Ptilota asplenoides</i>	фрагмент пластины, целое слоевище, куртина
44	3	12.07.2022	51.165, 156.448	75	<i>Arthrothamnus bifidus</i> , <i>Thalassiphyllum clathrus</i>	целое слоевище, фрагмент пластины
45	4	12.07.2022	51.138, 156.377	81	<i>Arthrothamnus bifidus</i> , <i>Hedophyllum bongardianum</i>	целое слоевище, нижняя часть слоевища
46	5	12.07.2022	51.3, 156.498	65	<i>Alaria esculenta</i> , <i>Arthrothamnus bifidus</i> , <i>Eualaria fistulosa</i> , <i>Fucus distichus</i>	фрагмент пластины, целое слоевище, нижняя часть слоевища, фрагмент ветви
47	6	12.07.2022	51.31, 156.502	51	<i>Agarum pertusum</i> , <i>Hedophyllum dentigerum</i> , <i>Ulva fenestrata</i>	фрагмент пластины, пластина со стволиком, целая пластина

Окончание табл. 2

The end of the table 2

№ п/п	№ станции	Дата траления	Координаты	Глубина, м	Вид	Примечание
48	12	13.07.2022	51.488, 156.295	80	<i>Arthrothamnus bifidus</i>	нижняя часть слоевища
49	20	14.07.2022	51.65, 156.293	50	<i>Desmarestia intermedia</i> , <i>Laminariales</i>	куртина, фрагменты пластины
50	68	21.07.2022	52.652, 155.037	152	<i>Fucus distichus</i>	2 экземпляра
51	69	21.07.2022	52.673, 154.348	201	<i>Eualaria fistulosa</i>	фрагмент пластины
52	83	23.07.2022	53.16, 155.97	29	<i>Fucus distichus</i>	целое слоевище
53	105	27.07.2022	53.977, 155.02	102	<i>Eualaria fistulosa</i>	фрагмент пластины
54	213	12.08.2022	57.215, 156.447	25	<i>Alaria esculenta</i> , <i>Laminaria inclinatoria</i>	фрагмент пластины, нижняя часть слоевища
55	242	18.01.2023	51.753, 155.835	149	<i>Arthrothamnus bifidus</i>	4 экземпляра
56	246	19.01.2023	51.7, 156.017	350	<i>Arthrothamnus bifidus</i> , <i>Desmarestia intermedia</i> , <i>Fucus distichus</i>	4 экземпляра, фрагмент ветви, фрагмент ветви
57	250	20.01.2023	51.772, 155.825	135	<i>Fucus distichus</i>	фрагмент ветви
58	260	22.01.2023	51.707, 155.852	133	<i>Eualaria fistulosa</i>	нижняя часть слоевища
59	266	23.01.2023	51.7, 155.87	128	<i>Fucus distichus</i>	фрагмент ветви
60	274	26.01.2023	51.738, 155.953	260	<i>Arthrothamnus bifidus</i>	3 экземпляра
61	276	27.01.2023	51.853, 155.833	222	<i>Laminariales</i>	фрагмент пластины
62	282	28.01.2023	51.808, 155.762	130	<i>Arthrothamnus bifidus</i>	5 экземпляров
63	328	11.02.2023	51.022, 157.783	280	<i>Laminariales</i>	фрагмент пластины
64	332	12.02.2023	51.11, 157.778	238	<i>Laminariales</i>	фрагмент пластины
65	347	17.02.2023	51.058, 157.82	252	<i>Laminariales</i>	фрагмент пластины

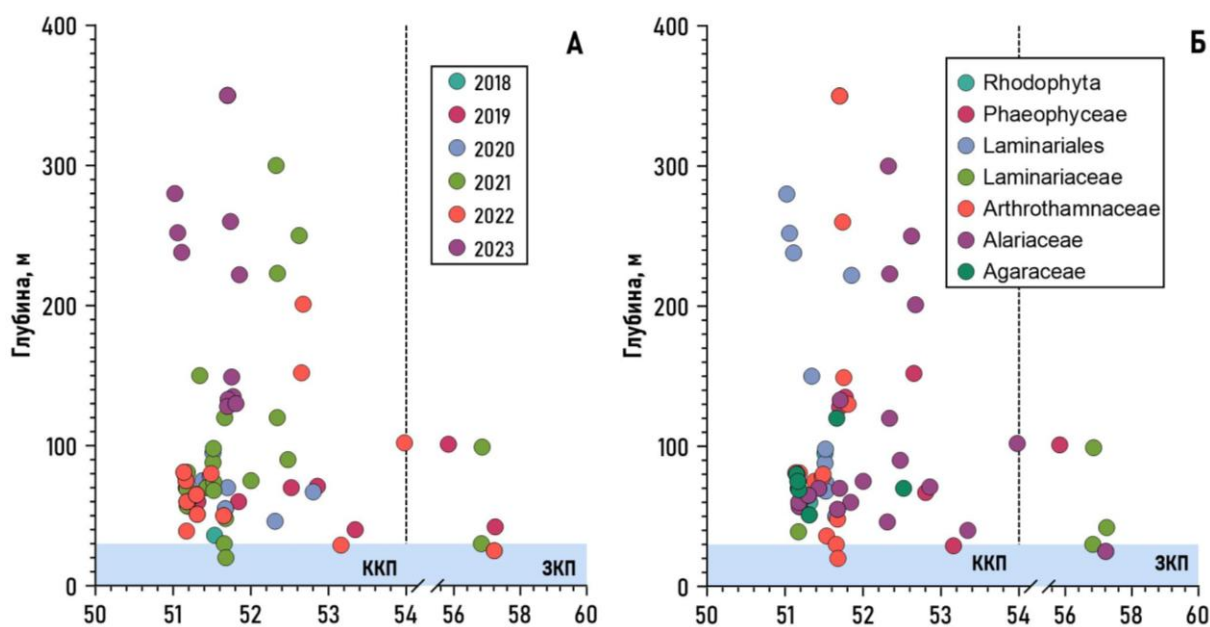


Рис. 2. Распределение станций с находками водорослей-макрофитов в пределах Камчатско-Курильской (ККП) и Западно-Камчатской (ЗКП) промысловых подзон на шельфе Камчатки по годам (А) и по таксономическим группам (Б)

Fig. 2. Distribution of stations with findings of macrophyte-macrofauna within the Kamchatka-Kuril (KKS) and Western Kamchatka (WKS) fishing subzones on the Kamchatka shelf by year (A) and by taxonomic group (B)

Вероятно, нахождение водорослей на глубинах свыше 30 м в пределах 51–53° с. ш. могло быть обусловлено преобладающими здесь направлениями течений. Известно, что у побережья Западной Камчатки к устойчивым непериодическим течениям относят Камчатское и Компенсационное [Ростов и др., 2001; Старицын, Лобанова, 2014]. Самые южные станции, на которых были обнаружены макроводоросли, расположены в 15 км от берега Юго-Западной Камчатки, напротив мыса Сивучьего, и в более 40 км от северной части острова Парамушир. Мы полагаем, что с большей долей вероятности основным районом-поставщиком обнаруженных в ходе проведения донных исследований глубоководных выбросов является побережье Камчатки, а именно залив Камбальный и пограничные с ним участки полуострова.

Несомненный интерес представляют образцы, собранные в зимний период. Как правило, сведений по ламинариевым водорослям для этого времени года для всей акватории Камчатки крайне мало. И, как следствие, знания об особенностях их биологии развития и фенологии в зимние месяцы весьма ограничены, поэтому находки макрофитов во время ярусного промысла на СЯМ «Лагарт» представляют особую ценность. В январе – феврале 2023 г. в Камчатско-Курильской промысловой подзоне были идентифицированы следующие виды: *Arthrothamnus bifidus*, *Desmarestia intermedia*, *Eualaria fistulosa* и *Fucus distichus* (табл. 2), при этом у образцов *A. bifidus* и *E. fistulosa* была сформирована спороносная ткань. Это может говорить о весьма растянутом периоде бесполого размножения у этих видов на юге Камчатки.

Координаты мест сбора водорослей и глубины постановки станций на шельфе Западной Камчатки представлены в таблице 2. Ниже приводится дополнительная ин-

формация об обнаруженных видах: даны их некоторые размерные характеристики, сведения о современной географическом распространении, также указаны типы ареалов.

Бурые водоросли (*Phaeophyceae*)

Agarum pertusum – Юго-Западная Камчатка, район реки Озерной, встречен 12.07.2022 г., траление № 7. Обнаруженный образец представлял собой фрагмент перфорированной пластины с жилкой до 60 см длины. Вид встречается у берегов Хоккайдо, Курильских островов [Klochko et al., 2021], Восточной Камчатки, Командорских островов [Клочкова и др., 2009а; Boo et al., 2011; Клочкова и др., 2020], Алеутских островов и Аляски [Lindeberg, Lindstrom, 2010]. Азиатско-американский высокобореальный вид.

Agarum clathratum – Юго-Западная Камчатка, между 50 и 53° с. ш., встречен в летний период, в 2019 г. траления № 9, 53, в 2020 г. траление № 4, в 2021 г. траление № 16. Обнаруженные образцы представляли собой целые слоевища до 65 см длины, слоевища без ризоидов до 45 см длины или фрагменты пластин до 32 см ширины (рис. 3, Д). Вид встречается у берегов Хоккайдо, Курильских островов [Klochko et al., 2021], Восточной Камчатки, Командорских островов [Клочкова и др., 2009а; Boo et al., 2011; Клочкова и др., 2020], Алеутских островов и Аляски [Lindeberg, Lindstrom, 2010]. Азиатско-американский высокобореальный вид.

Alaria esculenta – Западная Камчатка, между 51 и 52° с. ш. и район близ устья реки Хайрюзова, 57° с. ш., встречена только в летние месяцы, в 2019 г. траления № 8, 29, 82, в 2020 г. траления № 2, 21, в 2021 г. траления № 1, 2, 4, в 2022 г. траления № 2, 6, 213. Найдены нижняя часть слоевища, включая ризоиды, ствол, рахис

со спорофиллами и пластиной и фрагменты пластины с жилкой, не превышающие 120 см (рис. 3, И). Вид отмечен у Западной (акватория близ пос. Озерновский) и Восточной (Авачинский залив) Камчатки [Климова и др., 2018; Ключкова и др., 2019]. Арктическо-бореальный вид.

Arthrothamnus bifidus – Юго-Западная Камчатка, между 51 и 52°с. ш., встречен в летний и зимний периоды, в 2018 г. траление № 15, в 2019 г. траление № 9, в 2020 г. траления № 4, 9, 12, в 2021 г. траления № 3, 11, 12, 13, в 2022 г. траления № 2, 3, 4, 6, 12, в 2023 г. ярусопостановки № 242, 246, 274, 282. Обнаружены целые растения до 120 см длины (рис. 3, А). Вид распространен в дальневосточных морях у берегов Хоккайдо [Yoshida et al., 2015], Курильских островов [Огородников, 2007; Евсеева, 2019] и Камчатки [Ключкова и др., 2009а]. На основании современных данных по распространению *A. bifidus* его следует считать приазиатским широкобореальным видом. Необходимо также отметить, что у юго-западного побережья Камчатки, севернее мыса Сивучьего, в 1850 г. был описан третий представитель этого рода – *A. radicans* [Ruprecht, 1850], однако в альгологических сводках для прикамчатских вод этот вид в настоящее время не упоминается. Судя по морфологическим характеристикам собранных образцов *Arthrothamnus* за период исследований в 2018–2023 г., все встреченные водоросли у берегов Юго-Западной Камчатки следует относить к *A. bifidus*, а вид *A. radicans* свести к ее гетеротипным синонимам.

Desmarestia intermedia – Юго-Западная Камчатка, между 51 и 52°с. ш., встречена в летний и зимний периоды, в 2020 г. траление № 4, в 2022 г. траление № 20, в 2023 г. ярусопостановка № 246. Найдены целые слоевища с подошвой и фрагменты ветвей до 74 см длины. Вид распространен на юге

Сахалина [Ключкова, Ключкова, 2018], у Курильских островов, Восточной Камчатки [Ключкова и др., 2009а], Командорских [Selivanova, Zhigadlova, 2013; Ключкова и др., 2020] и Алеутских островов и Аляски [Lindeberg, Lindstrom, 2010]. Тихоокеанский высокобореальный вид.

Eualaria fistulosa – Юго-Западная Камчатка, между 50 и 54°с. ш., встречена в летний и зимний периоды, в 2019 г. траление № 65, в 2020 г. траления № 21, 22, 46, в 2021 г. траления № 24, 35–39, в 2022 г. траления № 6, 69, 105, в 2023 г. ярусопостановка № 260. Найдены в основном фрагменты пластины с жилкой до 310 см длины, имеющей хорошо выраженные септы, а также нижняя часть слоевища с ризоидами, стволиком, рахисом и спорофиллами (рис. 3, Б). Вид распространен на юге Сахалина, у Курильских островов [Огородников, 2007; Евсеева, 2019], Восточной Камчатки [Ключкова и др., 2009а], Командорских [Selivanova, Zhigadlova, 2013; Ключкова и др., 2020] и Алеутских островов и Аляски [Lindeberg, Lindstrom, 2010]. Азиатско-американский широкобореальный вид.

Fucus distichus subsp. *evanescens* – район севернее устья реки Ича, Западная Камчатка, между 51 и 56°с. ш., встречен в летний и зимний периоды, в 2019 г. траление № 160, в 2020 г. траления № 4, 68, в 2021 г. траление № 18, в 2022 г. траления № 6, 68, 83, в 2023 г. ярусопостановки № 246, 250, 266. Несколько водорослей с 3–5 дихотомиями, наиболее развитые ветви с концептакулами, длина образцов не превышала 33 см (рис. 3, Ж). Вид встречается во всех дальневосточных морях [Петров, 1975; Ключкова и др., 2009а; Coyer et al., 2011; Yoshida et al., 2015], в том числе и у западного побережья Камчатки [Емельянова, 2006; Ключкова и др., 2009а]. Арктическо-бореальный вид.



Рис. 3. Внешний вид водорослей, собранных на шельфе Западной Камчатки в период исследований: А – *Arthrothamnus bifidus*, траление № 12, 03.06.2021 г., Б – *Eualaria fistulosa*, траление № 24, 08.06.2021 г., В – *Laminaria yezoensis*, траление № 1, 01.06.2021 г., Г – *Hedophyllum bongardianum*, траление № 136, 04.07.2021 г., Д – *Agarum clathratum*, траление № 16, 03.06.2021 г., Е – *Hedophyllum dentigerum*, траление № 136, 04.07.2021 г., Ж – *Fucus distichus* subsp. *evanescens*, траление № 18, 04.06.2020 г., И – *Alaria esculenta*, траление № 2, 01.06.2021 г., К – *Turnerella mertensiana*, траление № 10, 05.06.2020 г., Л – *Ptilota asplenioides*, траление № 1, 01.06.2021 г. Фотографии сделаны А.А. Матвеевым

Fig. 3. Macroalgal specimens collected on the western coast of Kamchatka in studying period: А – *Arthrothamnus bifidus*, bottom trawl surveys № 12, 03.06.2021 г., Б – *Eualaria fistulosa*, bottom trawl surveys № 24, 08.06.2021 г., В – *Laminaria yezoensis*, bottom trawl surveys № 1, 01.06.2021 г., Г – *Hedophyllum bongardianum*, bottom trawl surveys № 136, 04.07.2021 г., Д – *Agarum clathratum*, bottom trawl surveys № 16, 03.06.2021 г., Е – *Hedophyllum dentigerum*, bottom trawl surveys № 136, 04.07.2021 г., Ж – *Fucus distichus* subsp. *evanescens*, bottom trawl surveys № 18, 04.06.2020 г., И – *Alaria esculenta*, bottom trawl surveys № 2, 01.06.2021 г., К – *Turnerella mertensiana*, bottom trawl surveys № 10, 05.06.2020 г., Л – *Ptilota asplenioides*, bottom trawl surveys № 1, 01.06.2021 г. Photos were taken by A.A. Matveev

Hedophyllum bongardianum – район реки Ича, Западная Камчатка, встречен в июле 2021 г. траление № 99 и июле 2022 г. траление № 4. Целое слоевище 65 см длины, в верхней части пластина рассечена на три лопасти, стерильное состояние (рис. 3, Г) и нижняя часть слоевища. Вид распространен у Курильских островов [Огородников, 2007; Евсеева, 2019], Восточной Камчатки [Клочкова и др., 2009a], Командорских [Selivanova, Zhigadlova, 2013; Клочкова и др., 2020] и Алеутских островов и Аляски [Lindeberg, Lindstrom, 2010]. Азиатско-американский широкобореальный вид.

Hedophyllum dentigerum – Юго-Западная Камчатка, встречен в июне в 2021 г. траление № 57 и в июле 2022 г. траление № 7. Слоевища без ризоидов до 95 см длины, пластина рассечена на лопасти, состояние стерильное (рис. 3, Е). Вид распространен у Курильских островов [Огородников, 2007; Евсеева, 2019], Восточной Камчатки [Клочкова и др., 2009a], Командорских [Selivanova, Zhigadlova, 2013; Клочкова и др., 2020] и Алеутских островов и Аляски [Lindeberg, Lindstrom, 2010]. Азиатско-американский высокобореальный вид.

Laminaria yezoensis – Западная Камчатка, район залива Камбального и реки Ича, встречена в июне – июле 2021 г. траления № 30, 57, 70 и в июле 2022 г. траление № 1. Целые слоевища до 67 см длины, органы прикрепления – подошва, пластины цельнолистные с перетяжкой, стерильные (рис. 3, В). Вид распространен на Хоккайдо [Yoshida et al., 2015], у Курильских островов [Огородников, 2007; Евсеева, 2019], Восточной Камчатки [Клочкова и др., 2009a], Командорских [Selivanova, Zhigadlova, 2013; Клочкова и др., 2020] и Алеутских островов, Аляски [Lindeberg, Lindstrom, 2010]. Азиатско-американский широкобореальный вид.

Laminaria inclinatoriza – район близ устья реки Хайрюзова, Западная Камчатка, июль 2019 г. траление № 215 и в августе 2022 г. траление № 213. Найдено слоевище без ризоидов, пластина со спороносной тканью, общая длина образца 40 см и нижняя часть слоевища, включая ризоиды, стволик и базальную часть пластины. Эндемик северной части Охотского моря, распространен от Шантарских островов до Западной Камчатки, включая северную часть материкового побережья [Белый, 2013; Клочкова и др., 2009a]. Приизатский высокобореальный вид.

Thalassiophyllum clathrus – Юго-Западная Камчатка, район, расположенный южнее залива Камбального, между 51 и 52° с. ш., встречен только в июне – июле, в 2019 г. траление № 9, в 2020 г. траление № 4, в 2021 г. траление № 2 и в 2022 г. траление № 3. Найдены целое слоевище, слоевище без ризоидов и пластиной со спороносной тканью, фрагмент пластины, общая длина образцов не превышала 64 см. В сопредельных районах он встречается у Курильских [Nagai, 1940] и Командорских островов [Selivanova, Zhigadlova, 2013; Клочкова и др., 2020], Юго-Восточной Камчатки [Клочкова и др., 2009a] и Алеутских островов [Lindeberg, Lindstrom, 2010]. Азиатско-американский высокобореальный вид.

Красные водоросли (Rhodophyta)

Ptilota asplenoides – Юго-Западная Камчатка, район, расположенный южнее залива Камбального, между 51 и 52° с. ш., встречена только в июне – июле, в 2019 г. траление № 9, в 2020 г. траление № 2, в 2021 г. траление № 1 и в 2022 г. траление № 2. Найдены фрагменты ветви длиной не более 20 см (рис. 3, Л) и целое слоевище. Встречается в Охотском, Беринговом морях, у Шантарских островов, берегов

Сахалина [Перестенко, 1994; Ключкова, Ключкова, 2018], Хоккайдо [Yoshida et al., 2015], Курильских островов [Огородников, 2007], Камчатки [Емельянова, 2004, Ключкова и др., 2009б], Командорских [Selivanova, Zhigadlova, 2013; Ключкова и др., 2021] и Алеутских островов, Аляски [Lindeberg, Lindstrom, 2010]. Тихоокеанский широкобореальный вид.

Turnerella mertensiana – Юго-Западная Камчатка, район севернее мыса Сивучьего, между 51 и 52° с. ш., встречена только в июне, в 2019 г. траление № 13, в 2020 г. траление № 10. Два целых образца, слоевища 19 см и 32 см в поперечнике (рис. 3, К). Вид отмечен в Японском, Охотском морях, у берегов Курильских островов [Огородников, 2007; Перестенко, 1994], Камчатки [Емельянова, 2006; Ключкова и др., 2009б], Командорских островов [Selivanova, Zhigadlova, 2013; Ключкова и др., 2021] и американского побережья Тихого океана [Lindeberg, Lindstrom, 2010]. Тихоокеанский широкобореальный вид.

Зеленые водоросли (*Chlorophyta*)

Ulva fenestrata – Юго-Западная Камчатка, район, расположенный южнее залива Камбального, между 51 и 52° с. ш., встречена только в июле 2022 г. траление № 7. Целое слоевище 24 см в поперечнике. Азиатско-американский широкобореальный вид, широко распространен в Северной Пацифике.

В настоящее время считается, что южная оконечность Камчатки, включая акватории Южно-Камчатского заказника, как со стороны Охотского моря, так тихоокеанского побережья, является однородной в альгофлористическом отношении в силу отсутствия между ними географических барьеров [Емельянова, 2006; Ключкова и др., 2009а, 2009б]. Таксономический состав этого района среди структурообразующих видов бентосной растительности насчи-

тывает 13 видов ламинариевых водорослей. Это представители семейств Agaraceae, Alariaceae, Arthrothamnaceae и Laminariaceae. Ниже на основе собственных наблюдений и литературных данных представлен список видов порядка Laminariales, встречающихся у Юго-Западной Камчатки (* – отмечены виды, найденные нами в уловах в период 2018–2023 гг.):

1. *Alaria esculenta* (Linnaeus) Greville* [Ключкова и др., 2019; Климова, Матвеев, 2020], ранее указывали как *A. tenuifolia* [Nagai, 1940], как *A. praelonga* [Возжинская, 1966; Возжинская, Блинова, 1970], как *A. dolichorhachis* [Возжинская, 1966; Возжинская, Блинова, 1970], как *A. angusta* [Березовская, 2002; Емельянова, 2006], как *A. marginata* [Петров, 1975; Березовская, 2002; Емельянова, 2006];

2. *Eualaria fistulosa* (Postels et Ruprecht) Wynne* [Климова, Матвеев, 2020], ранее указывали как *Alaria fistulosa* [Ruprecht, 1950; Возжинская, 1966; Возжинская, Блинова, 1970; Березовская, 2002; Емельянова, 2006];

3. *Arthrothamnus bifidus* (Gmelin) J. Agardh* [Nagai, 1940; Возжинская, 1966; Возжинская, Блинова, 1970; Петров, 1975; Березовская, 2002; Емельянова, 2006; Климова, Матвеев, 2020], ранее указывали как *A. radicans* [Ruprecht, 1950];

4. *Agarum pertusum* (K.H. Mertens) Postels & Ruprecht*, ранее указывали как *A. clathratum* [Емельянова, 2006], как *A. cribratum* [Петров, 1975; Березовская, 2002];

5. *Agarum clathratum* Dumortier*, ранее указывали как *A. turneri** [Емельянова, 2006; Климова, Матвеев, 2020];

6. *Thalassiophyllum clathrus* (Gmelin) Postels et Ruprecht* [Березовская, 2002; Емельянова, 2006; Климова, Матвеев, 2020];

7. *Cymathere triplicate* (Postels et Ruprecht) J. Agardh [Возжинская, 1966; Возжинская, Блинова, 1970; Березовская, 2002; Емельянова, 2006];

8. *Laminaria longipes* Bory [Возжинская, 1966; Возжинская, Блинова, 1970; Петров, 1975; Березовская, 2002; Емельянова, 2006];

9. *Laminaria yezoensis* Miyabe* [Петров, 1975; Березовская, 2002; Емельянова, 2006];

10. *Phyllariella ochotensis* Petrov et Vozzhinskaya [Березовская, 2002; Емельянова, 2006];

11. *Hedophyllum bongardinum* (Postels et Ruprecht) Yendo*, указывали как *Streptophyllum bongardianum* [Возжинская, 1966], *Laminaria subsimplex* [Возжинская, 1966; Возжинская, Блинова, 1970], как *Laminaria bongardiana* [Петров, 1975; Березовская, 2002; Емельянова, 2006];

12. *Hedophyllum dentigerum* (Kjellman) Starko, S.C. Lindstrom & Martone*, указывали как *Laminaria appressirhiza* [Возжинская, Блинова, 1970], *Laminaria dentigera* [Березовская, 2002; Емельянова, 2006];

13. *Saccharina latissima* (Linnaeus) C.E. Lane, C. Mayes, Druehl & G.W. Saunders, ранее указывали как *Laminaria saccharina* [Ruprecht, 1950], как *Laminaria gurjanovae* [Возжинская, Блинова, 1970; Емельянова, 2006].

Указание *Phyllariella ochotensis* в акватории Южно-Камчатского заказника (тихоокеанская сторона) считаем ошибочным. Ранее при проведении водорослевой съемки литорали и сублиторали у мыса Камбального этот вид встречен не был [Возжинская, Блинова, 1970]. *P. ochotensis* является эндемиком Охотского моря и достоверно известен у Западной Камчатки гораздо севернее, у о. Птичьего (57° с. ш.) [Климова и др., 2021]. Также в настоящее время достаточно спорным является указание у Юго-Западной Камчатки видов – *Alaria ochotensis* и *Cymathaere triplicata*. Для уточнения их нахождения во флоре данного района необходимо дальнейшие альгологические исследования.

В сопредельном районе, у Северных Курильских островов, к этому списку до-

бавляются эндемичные виды, свойственные для островной флоры – *Alaria paradisea*, *Costulariella kurilensis* и *Cymathaere fibrosa* [Петров, 1975]. Несмотря на изолированность этих районов 1-м и 2-м Курильскими проливами, состав ламинариевых и их ценотическая роль в сообществах макрофитобентоса в целом достаточно схожи. Меньшее сходство проявляют южные и северные районы Западной Камчатки, где в центральной части из-за обширной гидрографической сети, протяженного побережья с рыхлыми и подвижными грунтами происходит коренная смена доминирующих видов. Так, севернее, у мыса Амбон встречаются еще два охотоморских эндемика – *Laminaria inclinorhiza* и *Pseudolessonia laminarioides*, при этом виды *A. bifidus*, *E. fistulosa*, *Cymathaere triplicata*, *Laminaria longipes*, *Hedophyllum dentigerum*, как и представителей семейства Agaraceae уже не обнаруживаются [Емельянова, 2006; Ключкова и др., 2020].

Южная Камчатка и сопредельные акватории является районами со значительными промысловыми запасами ламинариевых водорослей [Блинова, Гусарова, 1971; Ключкова, Березовская, 1997; Огородников, 2007]. При этом оценка их запасов была проведена еще в конце 1970-х гг. на тихоокеанском побережье от мыса Сопочного до мыса Шипунского в Авачинском заливе [Блинова, Гусарова, 1971]. Ресурсные съемки выявили на самом южном участке, от мыса Сопочного до острова Гаврюшкин Камень, запасы ламинариевых водорослей в 51,6 тыс. тонн, при этом площадь их зарослей с проективным покрытием 40–90% и шириной водорослевого пояса 50–700 м достигала 8,6 км². Севернее, район мыса Синявина, биомасса промысловых и потенциально промысловых видов варьировала в пределах 9,1–21,9 кг/м².

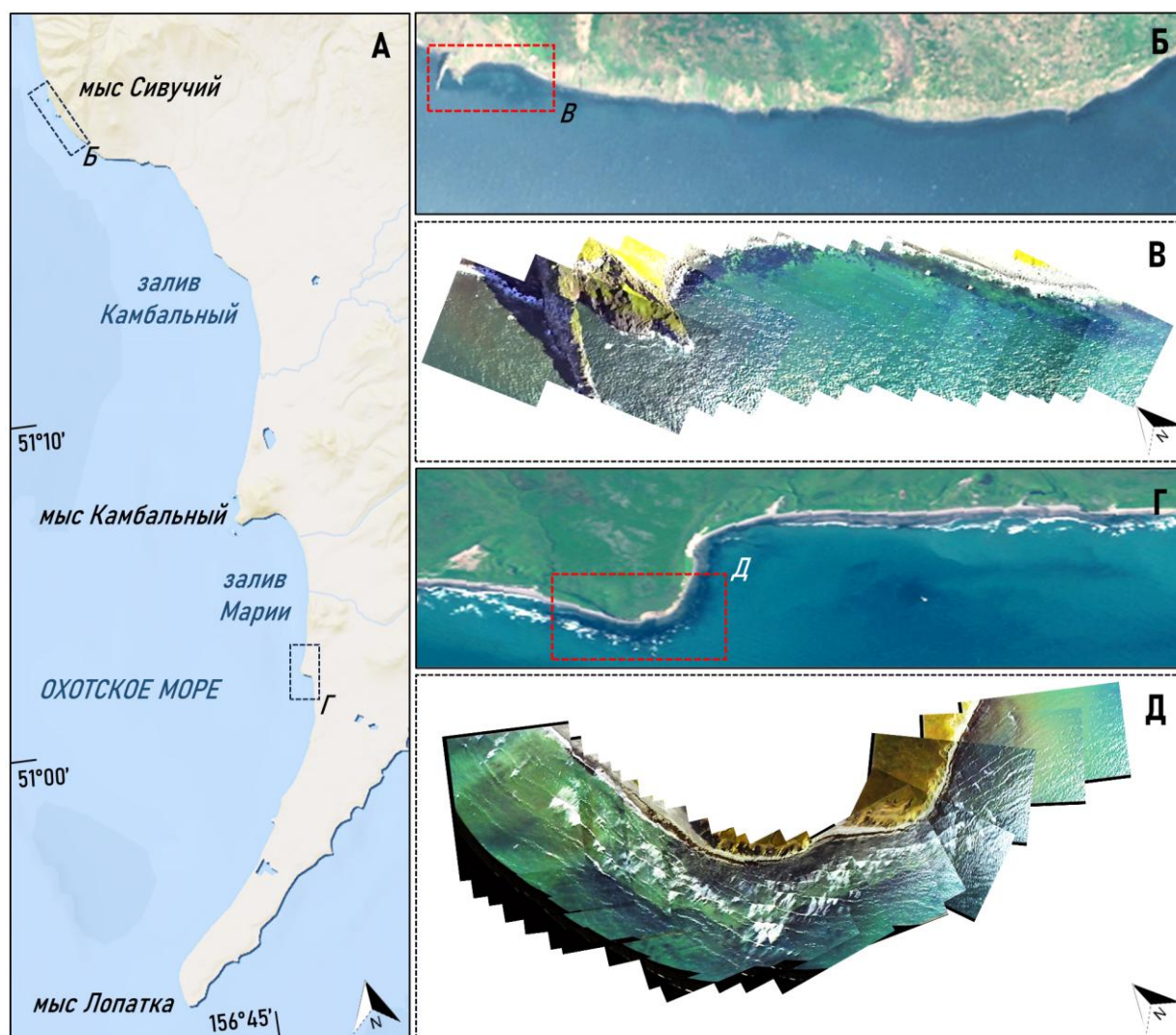


Рис. 4. Ламинариевые заросли у Юго-Западной Камчатки: А – общая карта-схема района, Б – спутниковый снимок прибрежного района у мыса Сивучьего (залив Камбальный), 11.06.2023 г., В – аэрофотоснимок зарослей ламинариевых водорослей у мыса Сивучьего (залив Камбальный), сентябрь 2002 г., Г – спутниковый снимок района у мыса южнее горы Сопочной (залив Марии), 12.09.2022 г., Д – сублиторальный пояс ламинариевых водорослей у мыса южнее горы Сопочной (залив Марии), сентябрь 2002 г.

Fig. 4. Kelp of southwestern Kamchatka: А – general schematic map, Б – satellite image of the coastal area near Cape Sivuchy (Kambalny Inlet), 06.11.2023, В – aerial photograph of kelp forests near Cape Sivuchy (Kambalny Inlet), September 2002, Г – satellite image of the area near the cape south of Mount Sopochная (Maria Inlet), 09.12.2022, Д – sublittoral forest of kelp algae at the cape south of Mount Sopochная (Maria Inlet), September 2002

Южнее, у Северных Курильских островов, запасы ламинариевых оценены у о. Парамушир 194,2 тыс. т, у о. Шумшу – 55,6 тыс. т и у о. Атласова – 9 тыс. т [Огородников, 2007]. Важно отметить, что более 56% всего ресурсного потенциала водорослей сосредоточены на глубинах 1–6 м при средней биомассе от 7,2 до 13,2 кг/м². К сожалению, несмотря на высокую пер-

спективность для промыслового освоения ламинариевых на юге Камчатки и сопредельных районов Курильских островов, охотоморская сторона полуострова в ресурсном отношении до сих пор не изучалась. Однако по альгологическим исследованиям известно, что в районе, расположенном от мыса Сивучьего и до мыса Лопатка водоросли встречались в массо-

вом количестве [Зинова, 1954]. Именно здесь *E. fistulosa* формировала поля с биомассой от 25 до 35 кг/м² [Возжинская, 1966].

Анализ оцифрованных материалов аэрофотосъемки 2002 г. выявил у юго-западного побережья Камчатки обширные пояса ламинариевых водорослей. При этом у мыса Сивучьего и южнее, вдоль побережья до мыса Лопатка, растительные ресурсы просматривались в литоральной и сублиторальной зонах (рис. 4, В, Д). В летний период 2002 г. ламинариевые заросли с высоким проективным покрытием (от 70% и более) формировали пояс от 40 до 100 м ширины. Спустя 20 лет анализ спутниковых снимков этого района не выявил существенных изменений в распределении зарослей водорослей (рис. 4, Б, Г).

Полученные данные в результате обработки спутниковых снимков отдельных районов Юго-Западной Камчатки характеризуют здесь запасы водорослей как стабильные (рис. 5, А). У мысов Сивучьего, Камбального и Марии непрерывный ламинариевый пояс на отдельных участках побережья достигал 270 м ширины, однако достаточно часто изменялся в пределах 100–130 м. Общая протяженность исследованной нами береговой полосы у упомянутых выше мысов составила 28,2 км. Суммарная площадь покрытия ламинариевых зарослей у Юго-Западной Камчатки в летний период 2018–2023 гг. изменялась незначительно от 1,74 до 2,14 км², максимальные запасы выявлены у мыса Камбального (рис. 5, Б).

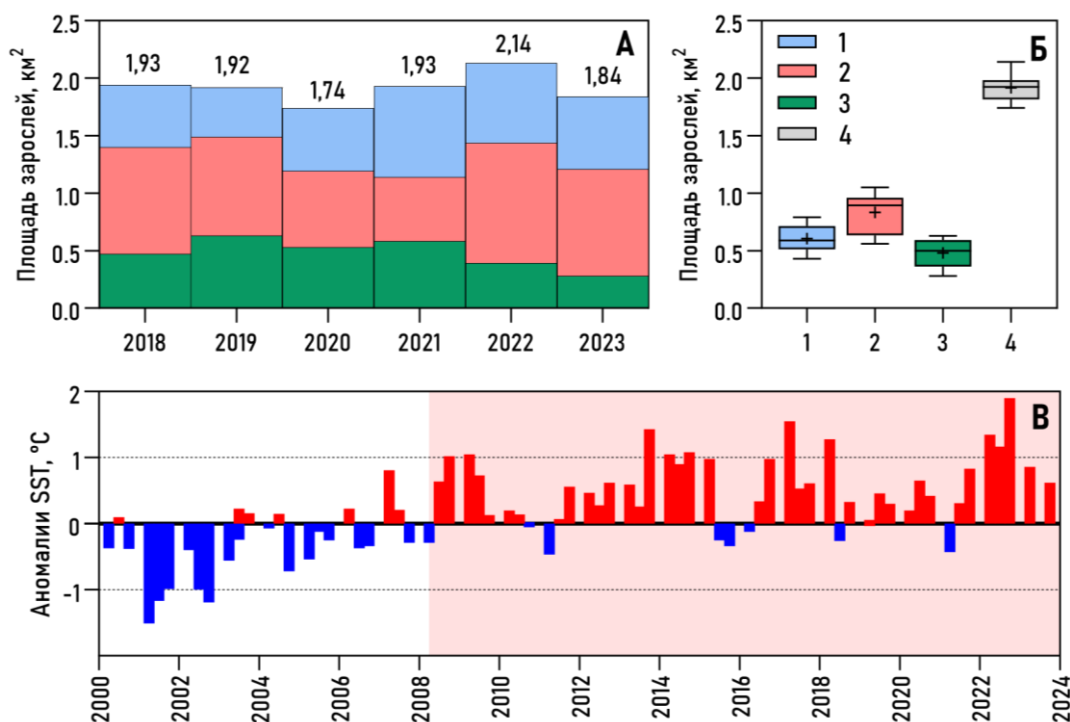


Рис. 5. Динамика площадей зарослей ламинариевых водорослей (км²) для отдельных участков в заливах Камбальном и Марии и изменение температурного режима морской воды у Юго-Западной Камчатки: А – межгодовые изменения площадей зарослей водорослей у мыса Сивучьего (1), у мыса Камбального (2) и у южного входного мыса залива Марии (3), Б – площадь зарослей для участков 1, 2, 3 и общая площадь (4) для района исследований за период 2018–2023 гг., В – изменение значений аномалий температуры поверхностного слоя воды (SST, °C) в заливе Камбальном за июнь – август 2000–2023 гг.

Fig. 5. Dynamics of the areas of kelp forests (km²) for specific areas in Kambalny and Maria inlets and changes in the temperature regime of sea water near southwestern Kamchatka: A – interannual changes in the areas of kelp forests at Cape Sivuchy (1), at Cape Kambalny (2) and at southern entrance cape of Maria Inlet (3), Б – area of forests for sites 1, 2, 3 and the total area (4) for the study sites for the period 2018–2023, В – change of sea surface temperature (SST, °C) anomalies in the Kambalny Inlet for June – August 2000–2023

Одним из наиболее важных факторов среды, вызывающих изменения в распространении ламинариевых водорослей, является температура воды [Drakard et al., 2023]. Так, повышение температуры на 2-3°C в прибрежных районах западного побережья Северной Америки в 2014–2016 гг. привело к деградации подводных лесов и снижению их площадей до значений исторического минимума [Bell et al., 2023]. Краткосрочные изменения температуры среды обитания ламинариевых могут ингибировать у них гаметогенез и приводить к существенной задержке спорогенеза. Подобные неблагоприятные воздействия природной среды способны значительно снизить численность популяций ламинариевых, особенно видов с продолжительностью жизни 1-2 года. Среди ламинариевых, произрастающих у Юго-Западной Камчатки, для представителей родов *Alaria* и *Hedophyllum* характерны наименьшие периоды жизни, как правило, не превышающие трех лет.

Анализ изменений температуры поверхностного слоя воды (SST) в прибрежных районах Юго-Западной Камчатки указывает на устойчивый рост этого показателя с 2008 г. (рис. 5, В). В 2013, 2014, 2017, 2018 и 2022 гг. аномалии SST в летний период превышали 1°C и уже в 2022 г. достигали 1,9°C. Дальнейшее повышение температуры воды в прибрежных районах заливов Камбального и Марии вкупе с увеличением численности фитофагов могут спровоцировать в последующие годы негативные последствия для развития структурообразующих видов ламинариевых водорослей в литоральных и сублиторальных сообществах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные в работе данные обобщают случаи находок ламинариевых

водорослей в ходе проведения донных траловых съемок и ярусного промысла на западнокамчатском шельфе в 2018–2023 гг. На основе проведенных исследований обнаружено девять видов ламинариевых водорослей. Из литературных источников известно, что у западного побережья Камчатки, от мыса Лопатка до мыса Сивучьего, встречается 13 видов порядка Laminariales, при этом произрастание трех из них – *Alaria ochotensis*, *Cymathaere triplicata* и *Phylariella ochotensis* – в этом районе считаем сомнительным. Для уточнения видового состава заливов Камбального и Марии необходимо проведение специальных альгологических исследований.

Площадь покрытия ламинариевых водорослей в прибрежных районах заливов Камбального и Марии превышает 2 км² и за последние шесть лет изменялась слабо. Однако учитывая устойчивый тренд повышения температуры поверхностного слоя воды в акваториях Охотского моря за последние 15 лет, следует ожидать общее снижение запасов промысловых и массовых видов водорослей в ближайшее десятилетие.

Применение комплексного подхода к оценке видового состава и распространения ламинариевых водорослей с помощью сопутствующих данных донных траловых съемок, ярусного промысла, а также анализа спутниковых снимков позволяет актуализировать состояние прибрежных растительных ресурсов Юго-Западной Камчатки. Использование подобной методологии в дальневосточных морях России является перспективным инструментом для современной экспертной оценки запасов промысловых водорослей и понимания их продукционной роли для глубоководных экосистем.

ЛИТЕРАТУРА

- Аминина Н.М. 2015. Сравнительная характеристика бурых водорослей прибрежной зоны Дальнего Востока. *Известия ТИНРО*. Т. 182. № 3. С. 258–268.
- Белый М.Н. 2013. Водоросли-макрофиты северной части Охотского моря и их значение как нерестового субстрата сельди. Магадан: Новая полиграфия. 194 с.
- Березовская В.А. 2002. Макрофитобентос как показатель состояния среды в прибрежных водах Камчатки. *Диссертация. ...д-ра биол. наук*. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. 337 с.
- Блинова Е.И., Гусарова И.С. 1971. Водоросли сублиторали юго-восточной Камчатки. *Известия ТИНРО*. Т. 76. С. 139–155.
- Вилкова О.Ю., Бадулин В.В., Муравьев В.Б., Аксимов С.Е. 2012. Запасы ламинариевых водорослей бухт Восточной Камчатки. *Материалы научной конференции «Состояние и динамика запасов водных биологических ресурсов»*. С. 122–128.
- Возжинская В.Б. 1966. Экология и распределение водорослей материкового берега Охотского моря. *Экология и распределение морской донной фауны и флоры*. С. 153–175.
- Возжинская В.Б., Блинова Е.И. 1970. Материалы по распределению и составу водорослей Камчатки (Охотское море). *Труды Института океанологии*. Вып. 88. С. 298–307.
- Евсеева Н.В. 2018. К флоре морских водорослей прибрежной зоны северо-востока Охотского моря. *Новости систематики низших растений*. Т. 52. Вып. 1. С. 63–73.
- Евсеева Н.В. 2019. Дополнения к флоре морских водорослей северо-западной части Берингова моря. *Труды ВНИРО*. Т. 175. С. 7–19.
- Емельянова А.А. 2004. Видовой состав водорослей-макрофитов Охотского моря. II. Бурые водоросли. *Материалы I и II сессий Камчатского отделения Русского ботанического общества «Ботанические исследования на Камчатке»*. С. 16–39.
- Емельянова А.А. 2006. Флора водорослей-макрофитов северных районов Охотского моря, юга восточной Камчатки и северных Курильских островов. *Диссертация ... канд. биол. наук*. Петропавловск-Камчатский: КФ ТИГ ДВО РАН. 177 с.
- Зинова Е.С. 1954. Водоросли Охотского моря. *Труды Ботанического института АН СССР*. Сер. II. Вып. 9. С. 259–307.
- Климова А.В., Ключкова Т.А., Ключкова Н.Г. 2018. Внутривидовые формы *Alaria esculenta* (Laminariales, Ochrophyta) во флоре морских водорослей восточной Камчатки: первая ревизия. *Вестник КамчатГТУ*. № 43. С. 74–86.
- Климова А.В., Ключкова Т.А., Ключкова Н.Г. 2021. Распространение редкой эндемичной водоросли *Phyllariella ochotensis* (Laminariales, Phaeophyceae) в Охотском море. *Вестник КамчатГТУ*. № 57. С. 82–95. DOI: 10.17217/2079-0333-2021-57-82-95.
- Климова А.В., Матвеев А.А. 2020. Находки ламинариевых водорослей в уловах донных тралений у юго-западной Камчатки. *Вестник КамчатГТУ*. № 51. С. 46–54. DOI: 10.17217/2079-0333-2020-51-46-54.
- Ключкова Н.Г., Березовская В.А. 1997. Водоросли камчатского шельфа. Распространение, биология, химический состав. Владивосток, Петропавловск: Дальнаука. 155 с.
- Ключкова Н.Г., Ключкова Т.А. 2018. Ревизия видового состава морской альгофлоры восточного Сахалина и дополнения к ней. *Вестник КамчатГТУ*. № 45. С. 80–97.
- Ключкова Н.Г., Климова А.В., Ключкова Т.А. 2020. Ламинариевые водоросли Западной Камчатки. *Вестник КамчатГТУ*. № 53. С. 37–53. DOI: 10.17217/2079-0333-2020-53-37-53.
- Ключкова Н.Г., Ключкова Т.А., Климова А.В. 2021. Флора водорослей-макрофитов Командорских островов: Ревизия-2021. II. Rhodophyta. *Вестник КамчатГТУ*. № 55. С. 41–72. DOI: 10.17217/2079-0333-2021-55-41-72.
- Ключкова Н.Г., Королева Т.Н., Кусиди А.Э. 2009а. Атлас водорослей макрофитов прикамчатских вод. Т. 1. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 218 с.
- Ключкова Н.Г., Королева Т.Н., Кусиди А.Э. 2009б. Атлас водорослей макрофитов прикамчатских вод. Т. 2. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 302 с.
- Ключкова Т.А., Климова А.В., Ключкова Н.Г. 2019. Распространение *Alaria esculenta* (Phaeophyceae, Laminariales) в Охотском море. *Вестник КамчатГТУ*. № 50. С. 46–56. DOI: 10.17217/2079-0333-2019-50-46-56.
- Ключкова Т.А., Климова А.В., Ким Г.Х., Ключкова Н.Г. 2022. *Saccharina latissima* (Ochrophyta, Laminariales) в прикамчатских водах: экологические особенности, распространение и молекулярная филогения. *Ботанический журнал*. Т. 107. № 9. С. 906–916.
- Огородников В.С. 2007. Водоросли-макрофиты Северных Курильских островов. *Диссертация. ...канд. биол. наук*. Петропавловск-Камчатский: СахНИРО. 174 с.
- Перестенко Л.П. 1994. Красные водоросли дальневосточных морей России. Санкт-Петербург: Ольга. 331 с.

- Петров Ю.Е. 1975. Ламинариевые и фукусовые водоросли морей СССР. Автореферат диссертации ... д-ра биол. наук. Ленинград: БИН АН СССР. 54 с.
- Ресурсы и рациональное использование морских водорослей и трав дальневосточных морей России. 2020. Под общ. ред. В.Н. Акулина. Владивосток: ТИНРО. 268 с.
- Ростов И.Д., Юрасов Г.И., Рудых Н.И. и др. 2001. Атлас по океанографии Берингова, Охотского и Японского морей. Владивосток: ТОИ им. В.И. Ильичева ДВО РАН. 106 с.
- Старицын Д.К., Лобанова П.В. 2014. Межгодовая изменчивость течений в Японском и Охотском морях по данным спутниковых измерений. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. Т. 11. № 1. С. 163–181.
- Суховереева М.В., Подкорытова А.В. 2006. Промысловые водоросли и травы морей Дальнего Востока: биология, распространение, запасы, технология переработки. Владивосток: ТИНРО-центр. 243 с.
- Bell T.W., Cavanaugh K.C., Saccomanno V.R. et al. 2023. Kelpwatch: A new visualization and analysis tool to explore kelp canopy dynamics reveals variable response to and recovery from marine heatwaves. *PLoS ONE*. Vol. 18. № 3. e0271477. DOI: 10.1371/journal.pone.0271477.
- Boo G.H., Lindstrom S.C., Klochkova N.G. et al. 2011. Taxonomy and biogeography of *Agarum* and *Thalassiosiphon* (Laminariales, Phaeophyceae) based on sequences of nuclear, mitochondrial, and plastid markers. *Taxon*. Vol. 60. № 3. P. 831–840.
- Cavanaugh K.C., Bell T., Costa M. et al. 2021. A Review of the Opportunities and Challenges for Using Remote Sensing for Management of Surface-Canopy Forming Kelps. *Frontiers in Marine Science*. Vol. 8. 753531. DOI: 10.3389/fmars.2021.753531
- Coyer J., Hoarau G., Schaik van J et al. 2011. Trans-Pacific and trans-Arctic pathways of the intertidal macroalga *Fucus distichus* L. reveal multiple glacial refugia and colonizations from the North Pacific to the North Atlantic. *Journal of Biogeography*. Vol. 38. P. 756–771.
- Drakard V.F., Hollarsmith J.A., Stekoll M.S. 2023. High-latitude kelps and future oceans: A review of multiple stressor impacts in a changing world. *Ecology and Evolution*. Vol. 13. № 7. e10277. DOI: 10.1002/ece3.10277.
- Duarte C.M., Gattuso J.-P., Hancke K. et al. 2022. Global Estimates of the Extent and Production of Macroalgal Forests. *Global Ecology and Biogeography*. Vol. 31. № 7. P. 1422–1439. DOI: 10.1111/geb.13515.
- Eger A.M., Marzinelli E.M., Beas-Luna R. et al. 2023. The value of ecosystem services in global marine kelpforests. *Nature Communications*. Vol. 14. № 1. P: 1894. DOI: 10.1038/s41467-023-37385-0.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2023. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: <http://www.algae-base.org> (accessed on: 04.10.2023).
- 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. DOI: 10.17581/bp.2023.12122.
- Klochkova T.A., Klimova A.V., Yotsukura N., Klochkova N.G. 2021. A Revision of the Genus *Agarum* (Laminariaceae, 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. DOI: 10.1134/S1063074021050059.
- Krumhansl K.A., Okamoto D.K., Rassweiler A. et al. 2016. Global patterns of kelp forest change over the past half-century. *PNAS*. Vol. 113. № 48. P. 13785–13790.
- Lindeberg M.R., Lindstrom S.C. 2010. Field guide to the seaweeds of Alaska. Fairbanks. 188 p.
- Miller K.I., Balemi C.A., Bell D.R. et al. 2023. Large-scale one-off sea urchin removal promotes rapid kelp recovery in urchin barrens. *Restoration Ecology*. e14060. DOI: 10.1111/rec.14060.
- Nagai M. 1940. Marine algae of the Kurile islands. I. *Journal of the Faculty of Agriculture of the Hokaido University*. Vol. 46. P. 1–137 p.
- NOAA, 2023. National Centers for Environmental information. Climate at a Glance: Global Time Series. URL: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/climate-at-a-glance/global/time-series> (accessed on: 04.10.2023).
- Ruprecht F.J. 1850. Algae Ochotenses. Die ersten sicheren Nachrichten über die Tange des Ochotskischen Meeres. St. Petersburg: Buchdruckerei der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. 243 p.
- Selivanova O.N., Zhigadlova G.G. 2013. Marine Benthic Algae of the Commander Islands (Pacific Coast of Russia) with Checklist Revised in 2012. *ISRN Oceanography*. Vol. 2013. P. 12. DOI: 10.5402/2013/470185.
- Teagle H., Hawkins S.J., Moore P.J., Smale D. 2017. The role of kelp species as biogenic habitat

- formers in coastal marine ecosystems. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. Vol. 492. P. 81–98. DOI: 10.1016/j.jembe.2017.01.017.
- Yoshida T., Suzuki M., Yoshinaga K. 2015. Check-list of marine algae of Japan (revised in 2015). *Japanese Journal of Phycology*. Vol. 63. P. 129–189.
- ### REFERENCES
- Aminina N.M. 2015. Comparative description of brown algae from the coastal zone of Far East. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 182. № 3. P. 258–268 (in Russian).
- Belij M.N. 2013. Macrophyte algae of the northern part of the Sea of Okhotsk and their importance as a spawning substrate for herring. Magadan: Novaya tipografiya. 194 p. (in Russian).
- Berezovskaya V.A. 2002. Macrophytobenthos as an indicator of the state of the environment in the coastal waters of Kamchatka. *Doctoral dissertation for biological sciences*. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatSTU. 337 p. (in Russian).
- Blinova E.I., Gussarova I.S. 1971. Algae of the sublittoral zone of southeastern Kamchatka. *Izvestiya TINRO (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 76. P. 139–155 (in Russian).
- Vilkova O.Yu., Badulin V.V., Muravyov V.B., Aksimov S.E. 2012. Kelp reserves in the inlets of Eastern Kamchatka. *Proceedings of scientific conference “State and dynamics of stocks of aquatic biological resources”*. P. 122–128 (in Russian).
- Vozzhinskaya V.B. 1966. Ecology and distribution of marine algae on the coasts of Okhotsk. *Ekologiya i raspredeleniye morskoy donnoy fauny i flory (Ecology and Distribution of Marine Benthic Fauna and Flora)*. P. 153–175 (in Russian).
- Vozzhinskaya V.B., Blinova E.I. 1970. Materials on the distribution and composition of seaweed in Kamchatka (Sea of Okhotsk). *Trudy Instituta Okeanologii (Proceedings of institute of oceanology)*. Iss. 88. P. 298–307 (in Russian).
- Evseeva N.V. 2018. Contribution to the flora of marine algae of the coastal zone of the northeastern part of the Sea of Okhotsk. *Novosti sistematiki nizshih rastenii (News on Systematics of Non-vascular Plants)*. Vol. 52. Iss. 1. P. 63–73 (in Russian).
- Evseeva N.V. 2019. Additions to the flora of seaweeds of the northwestern part of the Bering Sea. *Trudy VNIRO (Proceedings of the All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 175. P. 7–19. (in Russian).
- Emelyanova A.A. 2004. Species composition of macrophyte algae in the Sea of Okhotsk. II. Brown algae. *Materials of the I and II sessions of the Kamchatka branch of the Russian Botanical Society “Botanical research in Kamchatka”*. P. 16–39 (in Russian).
- Emelyanova A.A. 2006. Flora of macrophyte algae in the northern regions of the Sea of Okhotsk, the south of eastern Kamchatka and the northern Kuril Islands. *Candidacy dissertation for biological sciences*. Petropavlovsk-Kamchatsky: KB PIG FEB RAS. 177 p. (in Russian).
- Zinova E.S. 1954. Algae of the Sea of Okhotsk. *Trudy Botanicheskogo Instituta AN SSSR (Proceedings of Botanical Institute AS USSR)*. Ser. II. Issue 9. P. 259–307 (in Russian).
- 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 KamchatSTU (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 43. P. 74–86 (in Russian).
- Klimova A.V., Klochkova T.A., Klochkova N.G. 2021. Distribution of rare endemic alga *Phyllariella ochotensis* (Laminariales, Phaeophyceae) in the sea of Okhotsk. *Vestnik KamchatSTU (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 57. P. 82–95. DOI: 10.17217/2079-0333-2021-57-82-95 (in Russian).
- Klimova A.V., Matveev A.A. 2020. Kelp and other macrophytes finds in bottom trawl catches at the western coast of Kamchatka during 2018–2019. *Vestnik KamchatSTU (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 51. P. 46–54. DOI: 10.17217/2079-0333-2020-51-46-54 (in Russian).
- Klochkova N.G., Berezovskaya V.A. 1997. Algae of the Kamchatka shelf. Distribution, biology, chemical composition. Vladivostok: Dal'nauka Publ. 153 p. (in Russian).
- Klochkova N.G., Klochkova T.A. 2018. Revision of the species composition in the marine algal flora of eastern Sakhalin Island with records of new species. *Vestnik KamchatSTU (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 45. P. 80–97 (in Russian).
- Klochkova N.G., Klimova A.V., Klochkova T.A. 2020. The kelp species of western Kamchatka. *Vestnik KamchatSTU (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 53. P. 37–53. DOI: 10.17217/2079-0333-2020-53-37-53. (in Russian).
- Klochkova N.G., Klochkova T.A., Klimova A.V. 2021. Marine benthic algae from Commander islands (revision 2021). II. Rhodophyta. *Vestnik KamchatSTU (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 57. P. 96–107. DOI: 10.17217/2079-0333-2021-57-96-107 (in Russian).

- Technical University). № 55. P. 41–72. DOI: 10.17217/2079-0333-2021-55-41-72 (in Russian).
- Klochkova N.G., Koroleva T.N., Kusidi A.E. 2009. Marine algae of Kamchatka and surrounding areas. Vol. 1. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO. 218 p. (in Russian).
- Klochkova N.G., Koroleva T.N., Kusidi A.E. 2009. Marine algae of Kamchatka and surrounding areas. Vol. 2. Petropavlovsk-Kamchatsky: KamchatNIRO. 302 p. (in Russian).
- Klochkova T.A., Klimova A.V., Klochkova N.G. 2019. Distribution of *Alaria esculenta* (Phaeophyceae, Laminariales) in the sea of Okhotsk. *Vestnik KamchatSTU (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 50. P. 46–56. DOI: 10.17217/2079-0333-2019-50-46-56 (in Russian).
- Klochkova T.A., Klimova A.V., Kim G.H., Klochkova N.G. 2022. *Saccharina latissima* (Ochrophyta, Laminariales) from Kamchatka waters: ecology, distribution and molecular phylogeny. *Botanicheskii Zhurnal (Botanical Journal)*. Vol. 107. № 9. P. 906–916. (in Russian).
- Ogorodnikov V.S. 2007. Macrophyte algae of the Northern Kuril Islands. *Candidacy dissertation for biological sciences*. Petropavlovsk-Kamchatsky: SakhNIRO. 174 p. (in Russian).
- Perestenko L.P. 1994. Red algae of the Far Eastern seas of Russia. Saint-Peterburg: Ol'ga Publ. 331 p. (in Russian).
- Petrov Ju.E. 1975. Laminariacean and Fucacean algae of the USSR's seas. *Abstract of doctoral dissertation for biological sciences*. Leningrad: Botanical Institute of the USSR Academy of Sciences. 54 p. (in Russian).
- Resources and rational use of seaweed and grasses of the Far Eastern seas of Russia. 2020. ed. By V.N. Akulin. Vladivostok: TINRO. 268 p. (in Russian).
- Rostov I.D., Yurasov G.I., Rudykh N.I. et al. 2001. Atlas on the oceanography of the Bering, Okhotsk and Japan seas. Vladivostok: V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute FEB RAS. 106 p. (in Russian).
- Starytsin D.K., Lobanova P.V. 2014. Interannual sea current variability in the Japan and Okhotsk Seas based on satellite data. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa (Current problems in remote sensing of the earth from space)*. Vol. 11. № 1. P. 163–181 (in Russian).
- Sukhovееva M.V., Podkorytova A.V. 2006. Commercial algae and grasses of the seas of the Far East: biology, distribution, reserves, processing technology. Vladivostok: TINRO-center. 243 p. (in Russian).
- Bell T.W., Cavanaugh K.C., Saccomanno V.R. et al. 2023. Kelpwatch: A new visualization and analysis tool to explore kelp canopy dynamics reveals variable response to and recovery from marine heatwaves. *PLoS ONE*. Vol. 18. № 3. e0271477. DOI: 10.1371/journal.pone.0271477.
- 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. № 3. P. 831–840.
- Cavanaugh K.C., Bell T., Costa M. et al. 2021. A Review of the Opportunities and Challenges for Using Remote Sensing for Management of Surface-Canopy Forming Kelps. *Frontiers in Marine Science*. Vol. 8. 753531. DOI: 10.3389/fmars.2021.753531
- Coyer J., Hoarau G., Schaik van J et al. 2011. Trans-Pacific and trans-Arctic pathways of the intertidal macroalga *Fucus distichus* L. reveal multiple glacial refugia and colonizations from the North Pacific to the North Atlantic. *Journal of Biogeography*. Vol. 38. P. 756–771.
- Drakard V.F., Hollarsmith J.A., Stekol M.S. 2023. High-latitude kelps and future oceans: A review of multiple stressor impacts in a changing world. *Ecology and Evolution*. Vol. 13. № 7. e10277. DOI: 10.1002/ece3.10277.
- Duarte C.M., Gattuso J.-P., Hancke K. et al. 2022. Global Estimates of the Extent and Production of Macroalgal Forests. *Global Ecology and Biogeography*. Vol. 31. № 7. P. 1422–1439. DOI: 10.1111/geb.13515.
- Eger A.M., Marzinelli E.M., Beas-Luna R. et al. 2023. The value of ecosystem services in global marine kelpforests. *Nature Communications*. Vol. 14. № 1. P: 1894. DOI: 10.1038/s41467-023-37385-0.
- Guiry M.D., Guiry G.M. 2023. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. URL: <http://www.algae-base.org> (accessed on: 04.10.2023).
- 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. DOI: 10.17581/bp.2023.12122.
- Klochkova T.A., Klimova A.V., Yotsukura N., Klochkova N.G. 2021. A Revision of the Genus *Agarum* (Laminariaceae, 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. DOI: 10.1134/S1063074021050059.
- Krumhansl K.A., Okamoto D.K., Rassweiler A. et al. 2016. Global patterns of kelp forest change over

- the past half-century. *PNAS*. Vol. 113. № 48. P. 13785–13790.
- Lindeberg M.R., Lindstrom S.C. 2010. Field guide to the seaweeds of Alaska. Fairbanks. 188 p.
- Miller K.I., Balemi C.A., Bell D.R. et al. 2023. Large-scale one-off sea urchin removal promotes rapid kelp recovery in urchin barrens. *Restoration Ecology*. e14060. DOI: 10.1111/rec.14060.
- Nagai M. 1940. Marine algae of the Kurile islands. I. *Journal of the Faculty of Agriculture of the Hokaido University*. Vol. 46. P. 1–137 p.
- NOAA, 2023. National Centers for Environmental information. Climate at a Glance: Global Time Series. URL: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/climate-at-a-glance/global/time-series> (accessed on: 04.10.2023).
- Ruprecht F.J. 1850. Algae Ochotenses. Die ersten sicheren Nachrichten über die Tange des Ochotskischen Meeres. St. Petersburg: Buchdruckerei der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. 243 p.
- Selivanova O.N., Zhigadlova G.G. 2013. Marine Benthic Algae of the Commander Islands (Pacific Coast of Russia) with Checklist Revised in 2012. *ISRN Oceanography*. Vol. 2013. P. 12. DOI: 10.5402/2013/470185.
- Teagle H., Hawkins S.J., Moore P.J., Smale D. 2017. The role of kelp species as biogenic habitat formers in coastal marine ecosystems. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. Vol. 492. P. 81–98. DOI: 10.1016/j.jembe.2017.01.017.
- Yoshida T., Suzuki M., Yoshinaga K. 2015. Checklist of marine algae of Japan (revised in 2015). *Japanese Journal of Phycology*. Vol. 63. P. 129–189.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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

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

Матвеев Андрей Анатольевич – Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО); 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук; старший научный сотрудник; matveev.a.a@kamniro.ru. SPIN-код: 3492-0814; Author ID: 803665; Scopus ID: 57301246000.

Matveev Andrey Anatoleevich – Kamchatka Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences; Senior Researcher; matveev.a.a@kamniro.ru. SPIN-code: 3492-0814; Author ID: 803665; Scopus ID: 57301246000.

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

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

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

Klochkova Nina Grigoreevna – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences; Chief Researcher, Head of Plant ecology Laboratory; ninaki@mail.ru. SPIN-code: 4701-2618; Author ID: 344281; Scopus ID: 6602583957.

Статья поступила в редакцию 11.09.2023; одобрена после рецензирования 18.12.2023; статья принята к публикации 25.12.2023.

The article was submitted 11.09.2023; approved after reviewing 18.12.2023; accepted for publication 25.12.2023.

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРИХЛОРУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ АЦЕТОЛИЗА ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЕРЕН ПРИ МЕЛИССОПАЛИНОЛОГИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

Гончаров Б.И., Лебедько М.В.

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

В работе показана возможность использования трихлоруксусной кислоты вместо классической смеси уксусного ангидрида с серной кислотой для ацетолиза пыльцевых зерен при мелиссопалинологическом анализе меда. Данное вещество, по сравнению с другими производными уксусной кислоты, позволяет проводить выдержку образца на кипящей водяной бане, что улучшает результат ацетолиза пыльцевых зерен. Также были исследованы возможности применения различных растворителей для переноса ацетолизированных пыльцевых зерен на предметные стекла для дальнейшего микроскопирования. В ходе экспериментов были изучены и выявлены оптимальные реактивы и параметры для проведения данного анализа.

Ключевые слова: апертуры, ацетолиз, мелиссопалинологический анализ, интина, оболочки пыльцевых зерен, пыльцевой анализ, трихлоруксусная кислота, экзина.

THE POSSIBILITY OF USING TRICHLOROACETIC ACID FOR ACETOLYSIS OF POLLEN GRAINS IN MELISSOPALYNOLOGICAL ANALYSIS

Goncharov B.I., Lebedko M.V.

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

The possibility of using trichloroacetic acid instead of the classical mixture of acetic anhydride with sulfuric acid for acetolysis of pollen grains in the melissopalynological analysis of honey is demonstrated. This substance in comparison with other derivatives of acetic acid allows holding the sample in a boiling water bath that improves the result of acetolysis of pollen grains. The possibility of using various solvents for transferring acetolyzed pollen grains to glass slides for further microscopy was also investigated. The optimal reagents and parameters for this analysis were studied and identified during the experiments.

Key words: apertures, acetolysis, melissopalynological analysis, intin, pollen grain coats, pollen analysis, trichloroacetic acid, exine.

ВВЕДЕНИЕ

Производители меда в современном мире сталкиваются со многими проблемами и препятствиями. Одной из которых

является всевозможная фальсификация меда: добавление различных примесей (сахара, крахмала, муки, мела и др.), разбавление одного меда другим и даже полная подмена дорогих и качественных медов

более дешевыми [Гончаров, Снегур, 2021; Снегур, 2021].

В связи с этим был разработан ГОСТ 19792-2017 «Межгосударственный стандарт. Мед натуральный. Технические условия», включающий в себя особые требования к органолептическим, физико-химическим и биохимическим показателям качества меда. Одним из таких показателей является исследование пыльцевого состава меда, позволяющее определять ботаническое и географическое происхождение меда [Maurizio, 1951; Bryant, Jones, 2001].

Пыльцевой анализ меда проводится в несколько этапов: отбор материала (аликвота меда, в которой будет изучаться пыльцевой состав); пробоподготовка (очистка проб и подготовка препаратов для микроскопирования); определение качественного и количественного состава пыльцы в подготовленном препарате.

При микроскопировании готовых препаратов исследователь должен наблюдать и различать ярко выраженные морфологические особенности пыльцевых зерен разных семейств и родов растений. Такие внешние различия пыльцевым зернам придают их оболочки. Оболочка пыльцевого зерна состоит из двух слоев: экзины (наружный слой) и интины (внутренний слой) [Федорова, 1959; Рудая, 2010].

В окуляр микроскопа исследователь наблюдает экзину. По морфологическим особенностям строения экзины возможно определить принадлежность растения к тому или иному семейству и роду, а в некоторых случаях и к виду. Основным компонентом экзины является вещество спорополленин. Именно это вещество позволяет внешнему «скелету» пыльцевого зерна выдерживать экстремальные условия в виде нагревания до 100°C, погружение в концентрированные кислоты и щелочи [Куприянова, Алешина, 1978]. Интина же со-

стоит преимущественно из пектина и целлюлозы, которые хорошо растворяются в кислотах и щелочах.

Ацетолиз пыльцевых зерен возможен благодаря способности интины к растворению в кислотах, в то время как экзина является к ним устойчивой. Данный процесс позволяет перевести твердые вещества интины в растворимые формы и вывести их из клетки пыльцевого зерна, не затронув внешний скелет – экзину. Такие пыльцевые зерна становятся более контрастными, а их морфологические особенности (апертуры и поверхностная скульптура) более явными [Ramalho, Kleinert-Giovannini, 1986; Hesse, Waha, 1989; Almeida-Muradian et al., 2020].

Основным способом идентификации и установления таксономической принадлежности пыльцевых зерен является их сравнение с письменным описанием и фотоматериалами, представленными в пыльцевых атласах и палинологической литературе. Как правило, описание пыльцевых зерен в такой литературе приводится именно к ацетолизированному материалу. Поэтому проведение ацетолиза пыльцевых зерен во многих исследованиях является необходимым [Louveaux et al., 1978].

Классическим методом проведения ацетолиза является способ, разработанный Гуннаром Эрдтманом, при котором растворение и удаление пектина и целлюлозы интины из пыльцевого зерна происходит за счет действия смеси уксусного ангидрида и серной кислоты 9 : 1 [Erdtman, 1969].

В связи с тем, что уксусный ангидрид включен в Таблицу № 1 прекурсоров и подпадает особым мерам контроля, свободное приобретение данного вещества в чистом виде на территории РФ невозможно [Постановление..., 1998]. Таким образом, у многих исследователей возникает необходимость поиска новых реактивов для проведения ацетолиза пыльцевых зерен.

Ранее была представлена работа по возможности использования трифторуксусной кислоты для проведения ацетолиза пыльцевых зерен [Гончаров, Снегур, 2021]. Качество ацетоллизированных пыльцевых зерен с использованием данной кислоты ничем не уступало пыльцевым зернам, ацетолиз которых был проведен с использованием уксусного ангидрида. При этом существует ряд неудобств при использовании трифторуксусной кислоты во время процесса ацетолиза. Основной причиной поиска другого производного уксусной кислоты стала низкая температура кипения трифторуксусной кислоты, что не позволяло нагревать реакционную смесь выше 70°C. Также при малейшем перегреве трифторуксусной кислоты выше точки кипения происходит почти мгновенный переход кислоты из жидкого состояния в газообразное. Таким образом, образованного газом давления хватает, чтобы выбить шлифованную пробку с пробирок. Еще одним выявленным недостатком трифторуксусной кислоты стало резкое уменьшение ее силы при попадании даже малого объема воды. В связи с этим приходилось ждать полного высыхания отмытых после пробоподготовки пыльцевых зерен.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работы осуществлялись на базе лаборатории химического анализа Камчатского филиала ФБГНУ «ВНИРО». Микроскопирование готовых препаратов проводилось на микроскопе «OlympusBH-2» лаборатории здоровья гидробионтов Камчатского филиала ФБГНУ «ВНИРО».

Отбор образцов меда проводился с частных пасек Елизовского района Камчатского края в соответствии с ГОСТ 19792-2017 «Межгосударственный стандарт. Мед натуральный. Технические условия». Пер-

вичная подготовка и очистка проб меда проводилась согласно ГОСТ 31769-2012 «Межгосударственный стандарт. Мед. Метод определения частоты встречаемости пыльцевых зерен».

При проведении всех химических исследований были использованы реактивы, лабораторная посуда и оборудование, имеющие действующие паспорта и срок годности, согласно нормативной документации.

Подготовка и исследование препаратов проводились одним и тем же лицом, таким образом, исключалась случайная погрешность. Для соблюдения показателей повторяемости при каждой смене реактивов и параметров анализа исследования для всех образцов меда проводились как минимум в условиях пяти параллельных определений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проникновение любых реактивов внутрь пыльцевого зерна возможно только через полупроницаемые апертуры, которые состоят из более тонкого слоя спорополеннина. Поэтому поиск вещества, подходящего для ацетолиза, проводился среди производных уксусной кислоты с более сильными кислотными свойствами. Одним из таких веществ является трифторуксусная кислота, имеющая показатель диссоциации кислоты (рКа) равный 0,23, притом что ледяная уксусная кислота имеет рКа равный 4,76.

В целом результаты ацетолиза при использовании трифторуксусной кислоты были удовлетворительными, но в связи с тем, что температура кипения этой кислоты составляет 72,4°C, процесс ацетолиза мог проводиться только при максимальной температуре в 70 градусов [Гончаров, Снегур, 2021]. В таких условиях оставались пыльцевые зерна с неполным выходом интины. Поэтому было принято решение

проводить исследования для изучения возможности использования трихлоруксусной кислоты. Данная кислота немного слабее трифторуксусной кислоты, имея рКа равный 0,77, но при этом ее температура кипения составляет 196°C. Такие физические и химические свойства вещества позволяют проводить выдержку образца на кипящей водяной бане. Изменение температуры выдержки на 30 градусов позволяет увеличить скорость реакции в 6–12 раз.

Перед процедурой ацетоллиза пыльцевых зерен требуется их выделение из меда и очистка от грязи и примесей. На первом этапе происходит удаление сахаров и примесей, растворимых в воде. Для этого к навеске меда массой 10 граммов приливали 30 миллилитров теплой дистиллированной воды. Раствор тщательно перемешивали стеклянной палочкой до полного растворения меда. Полученную смесь центрифугировали в течение 10 минут при центробежном ускорении в 1 000 g, по завершении верхний водный слой декантировали. Данный процесс повторяли три раза. Полученный мокрый осадок промывался 3 миллилитрами 96%-го этилового спирта, центрифугировался и высушивался в пробирке в токе воздуха.

К осушенному осадку добавляли 2 грамма трихлоруксусной кислоты и ставили на кипящую водяную баню. В течение 1 минуты кислота переходила из кристаллического состояния в жидкое. С этого момента начинали отсчет времени для установления необходимого времени выдержки. Пробирки со смесью пыльцевых зерен и трихлоруксусной кислоты подвергали нагреву на кипящей водяной бане от 2 до 14 минут. Сразу после завершения нагрева пробирки доставались из водяной бани, и в них приливали 30 миллилитров дистиллированной воды для предотвращения кристаллизации трихлоруксусной кислоты.

По результатам исследования было выявлено:

- При выдержке менее 4 минут содержимое пыльцевых зерен только начинало выходить из экзины, что создавало вокруг них липкую смесь из пектина и целлюлозы. В итоге при микроскопировании наблюдались огромные конгломераты слипшихся друг с другом пыльцевых зерен.

- При выдержке от 4 до 10 минут наблюдались небольшие скопления слипшихся пыльцевых зерен. Ацетоллиз большей части пыльцы прошел полностью и удовлетворительно.

- При выдержке более 10 минут ацетоллиз проходит в полной мере. У всех пыльцевых зерен отчетливо просматриваются и различаются апертуры и поверхностная скульптура (рис. 1).

После выдержки в кипящей водяной бане растворы с водой, кислотой и пыльцевыми зернами центрифугируются. Верхний жидкий слой декантируется. Промывка водой для полного удаления следов трихлоруксусной кислоты проводится еще два раза. После этого смоченный осадок повторно высушивался с помощью 96%-го этилового спирта.

Для последующего переноса ацетоллизных пыльцевых зерен на предметное стекло в пробирки добавляли различные растворители с высокой способностью к смачиванию. Выбор производился из следующего ряда растворителей: ацетон, гексан, этиловый и бутиловый спирты. Для этого в пробирку добавляли 100 микролитров растворителя, хорошо перемешивали с осадком и с помощью дозатора переносили на нагретое предметное стекло.

В зависимости от температур кипения растворителя стекла нагревали до следующих температур: ацетон – 50°C; этиловый спирт – 70°C; бутиловый спирт – 100°C; гексан – 60°C.

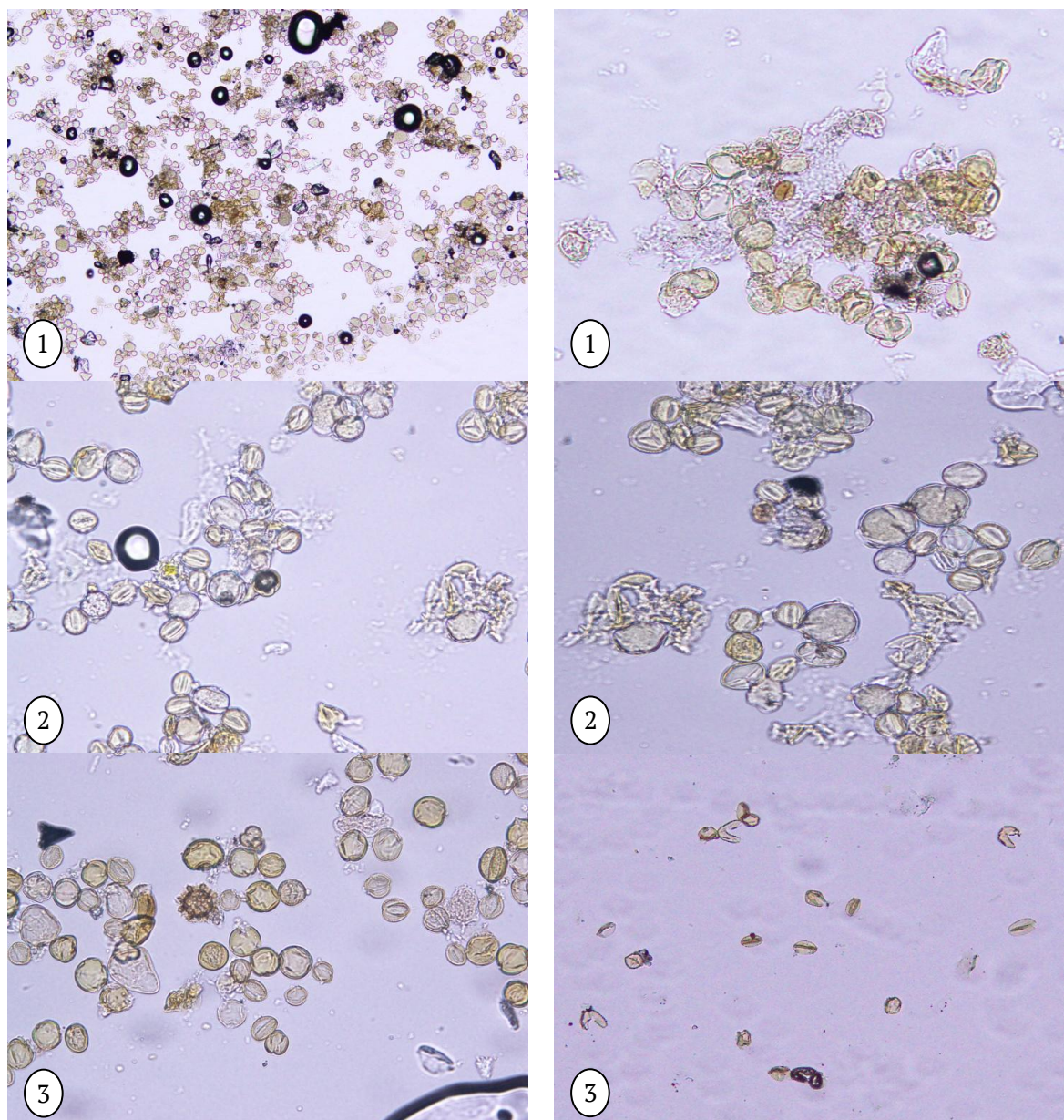


Рис. 1. Пыльцевые зерна после обработки трихлоруксусной кислотой: 1 – при выдержке до 4 минут; 2 – при выдержке от 4 до 10 минут; 3 – при выдержке более 10 минут

Fig. 1. Pollen grains after treatment with trichloroacetic acid: 1 – at an exposure time up to 4 minutes; 2 – at an exposure time from 4 to 10 minutes; 3 – at an exposure time of more than 10 minutes

По результатам микроскопирования было выявлено:

- При использовании этилового и бутилового спиртов пыльцевые зерна распределялись по всей площади растворителя на предметном стекле. Такое распределение пыли увеличивает время подсчета и определения таксонов пыльцевых зерен.

- Гексан при высыхании образовывал отдельные капли, которые стягивали пыль-

цевые зерна в скопления, образуя отдельные крупные конгломераты. Такое распределение пыли затрудняет визуальное наблюдение апертур отдельных пыльцевых зерен и также не годится для дальнейшего исследования.

- Ацетон практически сразу высыхает при добавлении его на предметное стекло, образуя в одном месте аккуратный слой пыльцевых зерен, подходящий для последующего исследования (рис. 2).

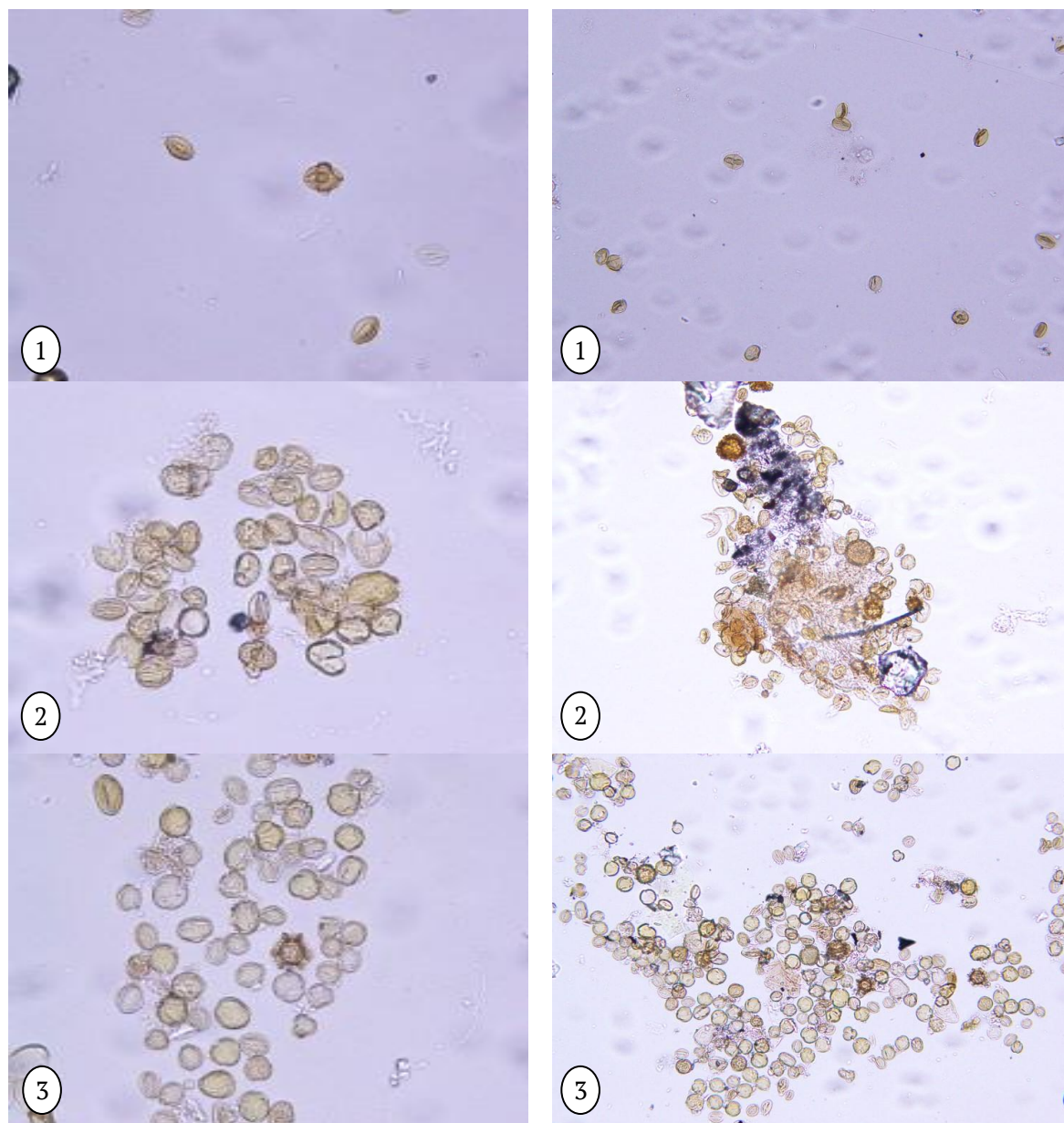


Рис. 2. Распределение пыльцевых зерен при использовании различных растворителей: 1 – этиловый и бутиловый спирты; 2 – гексан; 3 – ацетон

Fig. 2. Distribution of pollen grains when using various solvents: 1 – ethyl and butyl alcohols; 2 – hexane; 3 – acetone

Готовые высушенные образцы пыльцевых зерен на предметных стеклах покрывались глицериновой смесью и покровными стеклами. В таком виде препараты удобно микроскопировать и хранить.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом проведенного исследования стало выявление возможности использования трихлоруксусной кислоты

для ацетолiza пыльцевых зерен в меде взамен классического метода с использованием смеси уксусного ангидрида и серной кислоты. Также были рассмотрены и представлены преимущества использования трихлоруксусной кислоты для ацетолiza пыльцевых зерен взамен ранее представленной трифторуксусной кислоты. Были изучены и выявлены оптимальные реактивы и параметры для проведения данного анализа.

Проведенные исследования показали, что возможно проводить ацетоллиз пыльцевых зерен с трихлоруксусной кислотой на кипящей водяной бане, что улучшает результат по сравнению с другими производными уксусной кислоты. Считаем оптимальным временным промежутком для выдержки образца с реакционной смесью на водяной бане в пределах 10–12 минут.

Также в исследовании было представлено сравнительное преимущество использования ацетона для переноса ацетоллизированных пыльцевых зерен на предметное стекло.

ЛИТЕРАТУРА

- Гончаров Б.И., Снегур П.П. 2021. Использование трифторуксусной кислоты в ацетоллизе пыльцевых зерен при мелиссопалинологическом анализе. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. № 57. С. 96–101.
- ГОСТ 31769-2012. 2014. Мед. Метод определения частоты встречаемости пыльцевых зерен. Москва: Стандартинформ. 15 с.
- Куприянова Л.А., Алешина Л.А. 1978. Пыльца двудольных растений флоры Европейской части СССР. Ленинград: Наука. 183 с.
- Постановление Правительства РФ от 30.06.1998 № 681 «Об утверждении перечня наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров, подлежащих контролю в Российской Федерации» со всеми редакциями. URL: <https://minzdrav.gov.ru/documents/8008-postanovlenie-pravitelstva-rf-681-ot30-iyunya-1998-g>.
- Рудая Н.А. 2010. Палинологический анализ. Учебно-методическое пособие. Новосибирск: Новосибирский государственный университет, Институт археологии и этнографии СО РАН. 48 с.
- Снегур П.П. 2021. Перспективы пчеловодства в Камчатском крае. *Тезисы докладов Российской научной конференции «Региональные проблемы развития Дальнего Востока России и Арктики»*. Петропавловск-Камчатский. С. 84–87.
- Федорова Р.В. 1959. Некоторые особенности морфологии пыльцы культурных злаков. *Труды института географии АН СССР*. Материалы по геоморфологии и палеогеографии. Работы по спорово-пыльцевому анализу. Вып. 77. С. 166–186.

- Almeida-Muradian L.B., Barth O. M., Dietemann V. et al. 2020. Standard methods for Apismellifera honey research. *Journal of Apicultural Research*. Vol. 59. № 3. P. 1–62.
- Bryant V.M., Jones G.J. 2001. The R-values of honey: Pollen coefficients. *Palynology*. Vol. 25. P. 11–28.
- Erdtman G. 1969. Handbook of palynology. Morphology, taxonomy, ecology. An introduction to the study of pollen grains and spores. New York, Hafner. 486 p.
- Hesse M., Waha M. 1989. A new look at the acetolysis method. *Plant Systematics and Evolution*. Vol. 163. P. 147–152.
- Louveaux J., Maurizio A., Vorwohl G. 1978. Methods of melissopalynology. *Bee World*. Vol. 59. № 4. P. 139–157.
- Maurizio A. 1951. Pollen Analysis of Honey. *Bee World*. Vol. 32. № 1. P. 1–5.
- Ramallo M., Kleinert-Giovannini A. 1986. Some aspects of the utilization of pollen analysis in ecological research. *Apidologie*. Vol. 17. № 2. P. 159–174.

REFERENCES

- Goncharov B.I., Snegur P.P. 2021. Using trifluoroacetic acid in acetolysis of pollen grains in melissopalynological analysis. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 57. P. 96–101 (in Russian).
- GOST (State standard) 31769-2012. 2014. Honey. Method of pollen grains incidence detection. Moscow: Standardinform Publ. 15 p. (in Russian).
- Kupriyanova L.A., Aleshina L.A. 1978. Pollen of dicotyledon plants in European part of USSR. Leningrad: Nauka Publ. 183 p. (in Russian).
- Resolution of the Russian Federation government of 30.06.1998 № 681 “On approval of the list of narcotic drugs, psychotropic substances and their precursors subject to control in the Russian Federation” with all editions. URL: <https://minzdrav.gov.ru/documents/8008-postanovlenie-pravitelstva-rf-681-ot30-iyunya-1998-g>. (in Russian).
- Rudaya N.A. 2010. Palynological analysis. *Guidance manual*. Novosibirsk: Novosibirsk State University, Institute of Archaeology and Ethnography SD RAS. 48 p. (in Russian).
- Snegur P.P. 2021. Prospects for beekeeping in the Kamchatka Territory. *Proceedings of Russian scientific conference “Regional problems of the development of the Russian Far East and the Arctic”*. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 84–87 (in Russian).
- Fedorova R.V. 1959. Some peculiarities of pollen morphology of cultural grass family. *Trudy*

- instituta geografii AN SSSR (Proceedings of Institute of Geography AS USSR). Materials of geomorphology and paleogeography. Works on spore-pollen analysis. Issue 77. P. 166–186. (in Russian).*
- Almeida-Muradian L.B., Barth O.M., Dietemann V. et al. 2020. Standard methods for *Apis mellifera* honey research. *Journal of Apicultural Research*. Vol. 59. № 3. P. 1–62.
- Bryant V.M., Jones G.J. 2001. The R-values of honey: Pollen coefficients. *Palynology*. Vol. 25. P. 11–28.
- Erdtman G. 1969. Handbook of palynology. Morphology, taxonomy, ecology. An introduction to the study of pollen grains and spores. New York, Hafner. 486 p.
- Hesse M., Waha M. 1989. A new look at the acetolysis method. *Plant Systematics and Evolution*. Vol. 163. P. 147–152.
- Louveaux J., Maurizio A., Vorwohl G. 1978. Methods of melissopalynology. *Bee World*. Vol. 59. № 4. P. 139–157.
- Maurizio A. 1951. Pollen Analysis of Honey. *Bee World*. Vol. 32. № 1. P. 1–5.
- Ramvalho M., Kleinert-Giovannini A. 1986. Some aspects of the utilization of pollen analysis in ecological research. *Apidologie*. Vol. 17. № 2. P. 159–174.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Гончаров Борис Игоревич – Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО); 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; заведующий Испытательным лабораторным центром; floop225@bk.ru. SPIN-код: 3406-8639, Author ID: 1117908.

Goncharov Boris Igorevich – Kamchatka branch of the All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO); 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Head of Testing Laboratory Center; floop225@bk.ru. SPIN-code: 3406-8639, Author ID: 1117908.

Лебедько Максим Валерьевич – Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КамчатНИРО); 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; ведущий инженер лаборатории химического анализа; lebedko.m.v@kamniro.ru. SPIN-код: 1263-0550, Author ID: 1195752.

Lebedko Maxim Valerievich – Kamchatka branch of the All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (KamchatNIRO); 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Lead Engineer of Chemical Analysis Laboratory; lebedko.m.v@kamniro.ru. SPIN-code: 1263-0550, Author ID: 1195752.

Статья поступила в редакцию 25.04.2023; одобрена после рецензирования 18.12.2023; статья принята к публикации 25.12.2023.

The article was submitted 25.04.2023; approved after reviewing 18.12.2023; accepted for publication 25.12.2023.

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

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

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

В рамках общих направлений предпочтение отдается следующим профилям:

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

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

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

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

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

Направление рукописей

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

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

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

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

Рецензирование рукописей

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

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

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

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

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

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

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

Опубликование рукописей

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

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

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

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

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

Печатная версия журнала высылается по всем обязательным адресам рассылки.

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

Приложение 1

Анкета-заявка

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

Приложение 2

Согласие автора

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

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

автор рукописи _____

(название рукописи)

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

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

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

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

наименование
организации

должность

дата

подпись

расшифровка
подписи

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

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

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

(подпись)

(Ф. И. О. автора)

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ СТАТЕЙ

Объем

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

Рекомендуемая структура

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

Правила набора

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

Начало статьи

Через один 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).

Образец оформления начала статьи

УДК

ДЕСТРУКЦИЯ ТКАНЕЙ БУРОЙ ВОДОРΟΣЛИ *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 подписей на английский язык.

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

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

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

Образец оформления текста статьи

ВВЕДЕНИЕ

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

.....

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

.....

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

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

.....

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

Представленная таблица показывает стадии процесса деструкции

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показывает, что

Образец оформления формул

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

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

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

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

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

REFERENCES

- Alfimov N.N., Petrov Yu.E. 1972. On the biological and biochemical characteristics of some kelp and fuclean algae (Phaeophyta) of Bering Island (Commander Islands). *Botanicheskiy zhurnal (Botanical Journal)*. Vol. 57. № 6. P. 697–700.
- Aminina N.M., Klochkova N.G. 2002. Prospects for the development of algae processing on the coast of Kamchatka. *Rybolovstvo Rossii (Russian Fishery)*. № 1. P. 54–56.
- Bogdanov V.D., Safronova T.M. 1993. Structuring agents and fish compositions. Moscow: VNIRO-press. 172 p.
- Vafina L.H. 2010. Justification of the integrated technology for processing of the brown algae (Phaeophyta) in obtaining functional food products. *Candidacy dissertation for technical sciences*. Moscow. 280 p.
- Vishnevskaya T.N., Sayapina T.A., Aminina N.M. 1999. Chemical composition and prospects of using extracts from the brown algae. *Proceedings of Russian scientific conference “New biomedical technologies using biologically active additives”*. Vladivostok. P. 10–12.
- Vyalkov A.N., Kozlov V.K., Bobrovnitskiy A.I. et al. 2008. Seaweed in rehabilitation medicine, complex therapy of metabolic diseases. Moscow: MDV. 156 p.
- Zatsepina A.N., Bessonova A.D. 2016. Justification of technology for obtaining products from brown algae. *Proceedings of National (All-Russian) scientific and practical conference “Natural resources, their present condition, protection, industrial and technical use”*. P. 115–119.

- Ivanyushina E.A., Zhigadlova G.G. 1994. Biology of the kelp species *Laminaria bongardiana* from the tidal zone of Bering Island (Commander Islands). *Biologiya morya (Marine Biology)*. Vol. 20. № 5. P. 374–380.
- Ogorodnikov B.C. 2007. Algae-macrophytes from the Northern Kuril Islands. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Petropavlovsk-Kamchatsky. 25 p.
- Patent № 2041656 RF. Method of obtaining a food semi-finished product from the laminariacean algae. *Pacific Fisheries and Oceanography Research Institute* (Podkoryitova A.V., Kovaleva E.A., Aminina N.M.).
- Pyancova A.S. 2012. Production and utilization of brown algae polysacharides. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. № 20. P. 62–66.

Информация об авторах

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

Образец оформления информации об авторах

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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

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

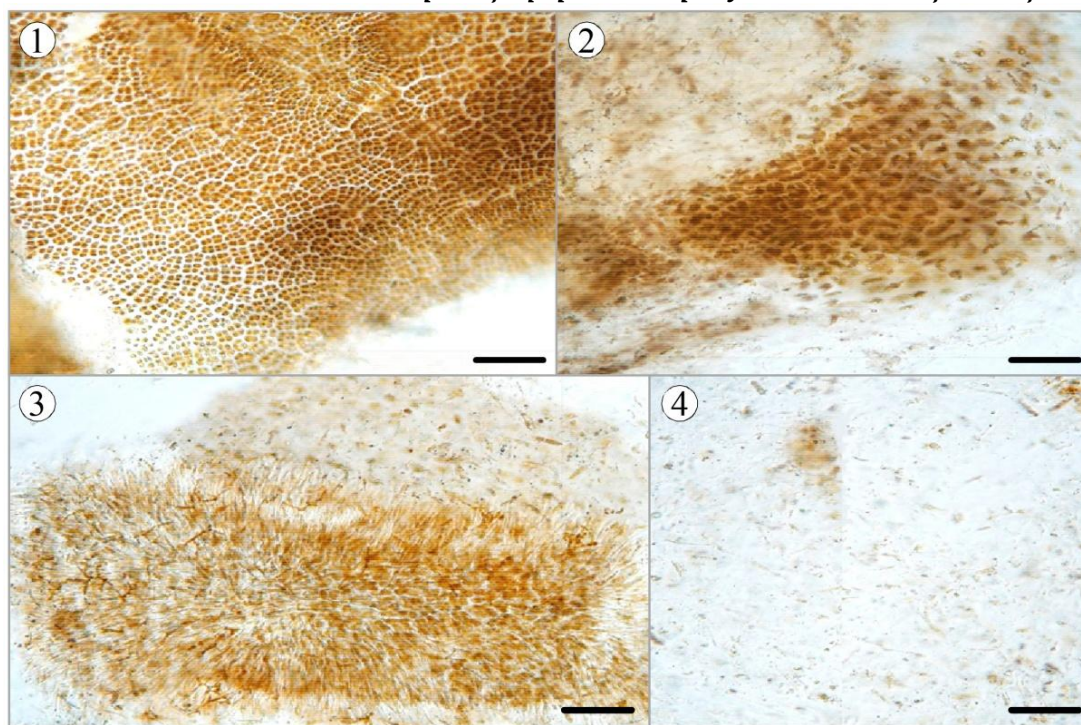


Рис. 1. Последовательность мацерации тканей *Saccharina bongardiana*: 1 – разделение дорсальной и вентральной половин слоевища и разрыхление корового слоя; 2 – разрыхление и дезинтеграция клеток меристодермы и медуллярной ткани; 3 – фрагмент соруса спорангиев с дезинтегрированными зооспорангиями и парафизами;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

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

**АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ
«ВЕСТНИК КАМЧАТГТУ» В 2023 ГОДУ (№ 63–66)**

Агунович Ю. А., Чмыхалова В. Б.	
Разработка технологии шоколада с пищевыми обогатителями из морепродуктов	64 8–21
Артюхин Ю.Б.	
Население морских птиц на траловом промысле минтая в тихоокеанских водах Камчатки и Северных Курильских островов в позднеосенний период	65 71–86
Асочаков А.А.	
Оценка степени влияния спирта в качестве фиксирующего раствора на массу тела бокоплавов (Crustacea, Amphipoda)	65 62–70
Барабашина С.И., Глухарев А.Ю., Дубровин С.Ю.	
Влияние муки из виноградных косточек на качество паштета из креветок с растительными компонентами для геродиетического питания	63 6–21
Григорьев С.С., Седова Н.А.	
Пищевые отношения между пелагическими личинками рыб и планктонными организмами в прикамчатских водах	63 45–65
Гончаров Б.И., Лебедько М.В.	
Возможность использования трихлоруксусной кислоты для ацетализа пыльцевых зерен при мелиссопалинологическом анализе	66 80–87
Дьяков Ю.П., Бугаев А.В.	
О промысловой эксплуатации биологических ресурсов в водах Камчатского края	63 66–77
Климова А.В., Клочкова Т.А., Болотова Р.Г.	
Воздействие кобальта и меди на рост проростков бурой водоросли <i>Fucus distichus</i> subsp. <i>evanescens</i> (Fucales, Phaeophyceae)	64 22–31
Климова А.В., Матвеев А.А., Клочкова Т.А., Клочкова Н.Г.	
Находки ламинариевых и других водорослей в уловах донным тралом и ярусом у западного побережья Камчатки в 2018–2023 гг.	66 58–79
Клочкова Н.Г., Клочкова Т.А.	
Деструкция тканей бурой водоросли <i>Saccharina latissima</i> (Laminariales, Ochrophyta) для получения альгинатсодержащего геля	66 29–40
Коростелев С.Г.	
Мониторинг промысла синего краба (<i>Paralithodes platypus</i> Brandt) в горле залива Шелихова в январе 2018 года	63 78–86
Крюков В.И., Жучков С.А., Лазарева Т.Н., Киреева О.С., Поповичева Н.Н.	
Влияние КВЧ-излучения на частоту микроядер и ядерных аномалий в эритроцитах личинок амфибий	63 101–112

Литвиненко А.В., Салимзянова К.Р., Христофорова Н.К., Данилин Д.Д., Цыганков В.Ю.	
Половые различия в содержании микроэлементов в органах и тканях нерки из восточных заливов полуострова Камчатка	65 111–122
Лобков Е.Г., Дубынин В.А.	
Корреляционные связи между численностью производителей нерки (<i>Oncorhynchus nerka</i>) и зимующих белоплечих орланов (<i>Haliaeetus pelagicus</i>) на озере Курильском (Южная Камчатка)	64 43–52
Лобков Е.Г.	
Ревизия фауны птиц Долины гейзеров на Камчатке: видовой состав, особенности экологии.....	65 87–110
Маркина Ж.В., Огнистая А.В., Зинов А.А.	
Влияние тяжелых металлов на динамику численности и фотосинтетический аппарат <i>Alexandrium affine</i> (Dinophyta).....	63 87–100
Матвеев А.А., Варкентин А.И.	
Доминирующие виды донного и придонного ихтиоценоза западнокамчатского шельфа: размерные характеристики	64 53–75
Матвеев А.А., Терентьев Д.А.	
Рогатковые (Cottidae) рыбы западнокамчатского шельфа, современное состояние их промысла и переработки	66 41–57
Мошарова М.Э., Титова И.М., Наумов В.А.	
Моделирование рецептур рыбных формованных полуфабрикатов с использованием вторичного сырья сокового производства.....	66 8–17
Перервенко О.В., Меджидова Х.М., Клочкова Н.Г.	
Модуляция фагоцитарной активности нейтрофилов препаратами из камчатских бурых водорослей	65 29–40
Полосков Д.А., Добрынина Е.В., Владыкина Т.В., Ковалева Е.Д.	
Безопасность применения дальневосточного растительного сырья в производстве чайных напитков.....	65 18–28
Санамян Н.П., Коробок А.В., Санамян К.Э.	
Качественная оценка последствий влияния вредоносного цветения водорослей осенью 2020 года у побережья Юго-Восточной Камчатки (Северо-Западная Пацифика) на мелководные бентосные сообщества	63 22–44
Садыгова М.К., Абушаева А.Р., Осыка И.А., Карпенко Р.С., Турсунбаева Ш.А.	
Композитные смеси для производства хлебных палочек и их реологический профиль.....	66 18–28
Седова Н.А.	
Морфология второй личиночной стадии козырькового шримса <i>Argis ochotensis kamtschatica</i> Sokolov, 2001 (Caridea, Crangonidae) из Авачинского залива (Юго-Восточная Камчатка)	64 32–42

Седова Н.А.

Морфология личинок *Spirontocaris intermedia* Makarov, Kobjakova, 1936
(Decapoda, Thoridae) из прикамчатских вод 65 41–61

Токранов А.М., Железняк М.Ю.

Питание и внутривидовые пищевые взаимоотношения
бурого морского петушка *Alectrias alectrolophus* (Stichaeidae)
в приливно-отливной зоне Авачинской губы (Юго-Восточная Камчатка) 64 76–89

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

Рыбные снеки на основе вторичного высокоминерализованного сырья
как перспективная составляющая ассортимента снековой продукции 65 6–17

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

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

Главный редактор Т.А. Ключкова

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

Адрес редакции, издателя:

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

Дата выхода в свет 25.12.2023 г.
Формат 60*84/8. Печать цифровая. Гарнитура PT Astra Serif
Авт. л. 6,4. Уч.-изд. л. 8,44. Усл. печ. л. 12,32
Тираж 500 экз. Заказ № КП23-007098

Подписной индекс в каталоге «Почта России» ПН093

Цена свободная

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

ISSN 2079-0333



9 772079 033418 >