

ISSN 2079-0333

**ВЕСТНИК
Камчатского
государственного
технического
университета**



Научный
журнал

Основан в 2002 г.

16+

ВЫПУСК

73

2025

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
(<https://vak.minobrnauki.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 (<https://vak.minobrnauki.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

73

2025

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
Васильев М.В. (научный редактор, технический раздел)	кандидат технических наук, капитан 1 ранга, начальник военного учебного центра при Камчатском государственном техническом университете
Ольхина О.В. (ответственный секретарь)	заведующий издательством Камчатского государственного технического университета
Белавина О.А. (технический секретарь)	кандидат химических наук, заведующий сектором патентования и научно-квалификационной деятельности отдела науки и инноваций Камчатского государственного технического университета
Артемова Е.Н.	доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии продуктов питания и организации ресторанного дела Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева
Водинчар Г.М.	кандидат физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Института космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук
Голохваст К.С.	доктор биологических наук, профессор 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 агrobiотехнологий 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
- Vasilev M.V.** Candidate of Technical Sciences, Captain 1st rank, Head of Military
(Scientific Editor, Training Center of Kamchatka State Technical University
technical sciences)
- 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
- 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

**Фролова Н.А., Верхотуров В.В., Шкрабтак Н.В., Александров И.С.,
Подашев Д.Б., Щербакова Е.П., Снытников А.В.**

Анализ цветовых характеристик кофейных зерен
при помощи сверточных нейронных сетей.....8

Чмыхалова В.Б.

Влияние режимов предварительной обработки гидробионтов,
используемых при производстве кондитерских изделий на степень их дисперсности16

**Фролова Н.А., Верхотуров В.В., Шкрабтак Н.В.,
Гринчук М.А., Веремей Е.Е.**

Использование фитопорошка ягод *Hippophae rhamnoides* L.
в технологии кондитерских изделий повышенной пищевой ценности28

РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Токранов А.М.

Инвазивные гидробионты в водах Камчатки37

Артюхин Ю.Б.

Проблема взаимодействия птиц и любительского рыболовства:
обзор по материалам печатных изданий и интернет-источников54

Пахомов М.В., Зайцев А.А.

Исследование критической частоты слияния мельканий у серых тюленей
(*Halichoerus grypus* Fabricius, 1791) в условиях неволи75

Лукерина Г.В., Сурков Д.А., Пяткова Я.С.,

Толкушкина Г.Д., Косачева Ю.Н., Щербаков В.И.

Актуализация методических подходов при проведении ресурсных исследований
на гипергалинном озере Большое Яровое (Алтайский край).....87

Правила направления, рецензирования и опубликования рукописей статей.....101

Правила оформления рукописей статей.....105

Contents

SECTION I. TECHNICAL SCIENCES

Frolova N.A., Verkhoturov V.V., Shkrabtak N.V., Aleksandrov I.S., Podashev D.B., Shcherbakova E.P., Snytnikov A.V.	
Analysis of color characteristics of coffee beans using convolutional neural networks	8
Chmykhalova V.B.	
Influence of pre-treatment modes of hydrobionts used in confectionery production on their dispersion degree.....	16
Frolova N.A., Verkhoturov V.V., Shkrabtak N.V., Grinchuk M.A., Veremey E.E.	
Use of phytopowder from <i>Hippophae rhamnoides</i> L. berries in the technology of confectionery products with high nutritional value.....	28

SECTION II. BIOLOGICAL SCIENCES

Tokranov A.M.	
Invasive hydrobionts in the waters of Kamchatka	37
Artukhin Yu.B.	
The problem of bird interactions with recreational fishing: a review based on print and online sources.....	54
Pakhomov M.V., Zaytsev A.A.	
Investigation of the critical frequency of flicker fusion in gray seals (<i>Halichoerus grypus</i> Fabricius, 1791) in captivity.....	75
Lukerina G.V., Surkov D.A., Pyatkova Y.S., Tolkushkina G.D., Kosacheva U.N., Scherbakov V.I.	
Updating methodological approaches for resource research on the hyperhaline Bolshoe Yarovoe Lake (Altai Territory)	87
Regulations for manuscript preparation, review and publication.....	101
Manuscripts guidelines.....	105

Научная статья

УДК 663.935

DOI: 10.17217/2079-0333-2025-73-8-15

АНАЛИЗ ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОФЕЙНЫХ ЗЕРЕН ПРИ ПОМОЩИ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Фролова Н.А.¹, Верхотуров В.В.¹, Шкрабтак Н.В.², Александров И.С.¹, Подашев Д.Б.¹, Щербакова Е.П.¹, Снытников А.В.¹

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

² Амурский государственный университет, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 21.

Кофе арабика (*Coffea arabica*) – вид кофейного дерева с мелкими зернами, который относится к семейству мареновых. *Coffea arabica* является одним из видов напитков, который при адекватных (установленных) дозах его потребления может оказывать положительное воздействие на организм человека. Это связано с содержанием в нем ключевых биологически активных соединений, таких как кофеин, липиды, полифенолы, минеральные и ароматические соединения. Потребительские свойства готовых напитков зависят от стадии обжаривания кофейных зерен. В работе была сделана серия из 160 цифровых изображений каждой партии экспериментальных образцов кофейных зерен: стандартно обжаренных, пережаренных и недожаренных. Для определения оптимальной стадии обжарки кофейных зерен предложено использование искусственных нейронных сетей, в контексте применения моделей «RGB» и «Lab», которые способствуют более точному анализу цветовых характеристик образцов. Полученные результаты свидетельствуют, что при наличии точного визуального альбома цветовых изображений с использованием модели «RGB» для анализа пищевых систем с позиции контроля качества возможно осуществление мониторинга подлинности пищевых продуктов, в том числе по органолептическим показателям.

Ключевые слова: кофейные зерна, недожаренные, обжаренные, пережаренные, цветовой анализ.

Original article

ANALYSIS OF COLOR CHARACTERISTICS OF COFFEE BEANS USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS

Frolova N.A.¹, Verkhoturov V.V.¹, Shkrabtak N.V.², Aleksandrov I.S.¹, Podashev D.B.¹, Shcherbakova E.P.¹, Snytnikov A.V.¹

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

² Amur State University, Blagoveshchensk, Ignatyevskoye Shosse 21.

Arabica coffee (*Coffea arabica*) is a type of coffee tree with small beans, which belongs to the Rubiaceae family. *Coffea arabica* is one of the types of drinks that, when consumed in adequate (established) doses, can have a positive effect on the human body. This is due to the content of key biologically active compounds such as caffeine, lipids, polyphenols, mineral and aromatic compounds. Consumer properties of fin-

ished drinks depend on the stage of roasting coffee beans. In the work, a series of 160 digital images of each batch of experimental samples of coffee beans was made: standard roasted, overroasted and underroasted. To determine the optimal stage of roasting coffee beans, the use of artificial neural networks is proposed in the context of applying the “RGB” and “Lab” models, which contribute to a more accurate analysis of the color characteristics of the samples. The results obtained indicate that with an accurate visual album of color images using the “RGB” model for analyzing food systems from the standpoint of quality control, it is possible to monitor the authenticity of food products, including organoleptic indicators.

Key words: coffee beans, underroasted, roasted, overroasted, color analysis.

ВВЕДЕНИЕ

Кофе арабика (*Coffea arabica*) – вид кофейного дерева с мелкими зернами, относящийся к семейству мареновых. Он характеризуется признаками вечнозеленого дерева, что благодаря правильному разведению в тропических зонах позволяет ему сохранять зеленое листовое состояние практически в течение всего года [Гудошникова, 2022]. *Coffea arabica* используется для приготовления кофейного напитка, который является вторым по потреблению напитком в мире [Валиулина и др., 2019]. Однако среди 100 видов кофе именно *Coffea arabica* имеет наибольшее экономическое значение благодаря своему вкусу, аромату, низкому содержанию кофеина, неприхотливым требованиям к выращиванию и цене продукта [Смоленцева, 2019; Кароматов, Каримов, 2019; Прохода, Касьянов, 2024].

Среднегодовой объем потребления кофейных напитков в РФ на основе *Coffea arabica* в 2024 г. имеет тенденцию к увеличению объемов потребления на 13,2% по сравнению с 2023 г. [Fadhil et al., 2024].

Coffea arabica является одним из многих групп пищевых продуктов, которые оказывают благотворное воздействие на организм человека [Габрельян и др., 2020]. Это связано с содержанием в нем ключевых биологически активных соединений, таких как кофеин, липиды, полифенолы,

витамины, минералы и ароматические соединения. Его употребление может способствовать нейтрализации свободных радикалов в организме [Веремей, Фролова, 2024].

Оценка качества обжарки кофейных зерен является перспективным направлением кофейной промышленности, так как вкусовые качества готовых кофейных напитков влияют на потребительский спрос.

В настоящее время перспективным вектором оценки и идентификации цветовых характеристик объектов пищевых систем является искусственный интеллект [Банцекин, Агапкин, 2022]. Методы искусственного интеллекта приобрели большое значение в современном мире цифровизации и управления качеством готовых продуктов [Банцекин, Агапкин, 2022; Алешков и др., 2024]. Одним из них является Deep Learning (метод глубокого обучения), который представляет собой возможность использования моделей искусственных нейронных сетей, содержащий два или более слоев скрытых нейронов [Макаренко, Борисов, 2019].

В пищевой промышленности метод Deep Learning в контексте растровой графики может успешно применяться для идентификации органолептических показателей: формы, цвета или текстуры – как полуфабрикатов, так и готовых изделий.

Сверточные нейронные сети (CNN) представляют собой глубокое обучение, которое анализирует отдельные области

входного набора данных и генерирует новые тензоры на их основе. С помощью операций свертки CNN происходит использование функции ядра на основе увеличения порядка копий тензора без измерения их размерности. Форма входного тензора сети учитывает созданный образ, высоту, ширину изображения и глубину, в нашем случае благодаря использованию моделей цветового пространства «Lab» и «RGB».

В связи с проведением ряда научно-исследовательских работ, направленных на совершенствование оценки качества собираемых кофейных зерен, продолжается работа по совершенствованию существующих технологических решений в процессе сбора и обжарки кофейных зерен.

В данной работе основное внимание уделялось распознаванию трех классов качества кофейных зерен по процессу обжарки кофе (стандартной, слабой и сильной обжарки).

Цель работы – определить наиболее оптимальную модель анализа цветового пространства образцов кофейных зерен, проводимого при помощи полученных результатов в трехмерных координатах «Lab» и аддитивной цветовой модели «RGB».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужили зерна *Coffea arabica*, выращенные в юго-западной части Эфиопии, которые подвергались обжариванию в обжарочном аппарате.

Для проведения эксперимента кофейные зерна были помещены в пластиковые чашки Петри. Получение цифровых изображений осуществлялось при помощи использования камеры NIKON D 5100, которая отличается высокой производительностью за счет своего разрешения, скорости захвата изображений и точной фокуси-

ровки. Данная камера оснащена 16,2-мегапиксельным сенсором.

В ходе исследования была сделана серия из 160 цифровых изображений каждой партии экспериментальных образцов с целью кадрирования и создания изображений. Каждое кофейное зерно в процессе получения изображения необходимо было повернуть, чтобы отобразить как верхнюю, так и нижнюю его часть. В результате получения изображений случайным образом были отобраны 240 кофейных зерен, т. е. 80 недожаренных кофейных зерен, 80 пережаренных кофейных зерен и 80 кофейных зерен стандартной обжарки (соответствующего качества).

Для проведения эксперимента было получено по 1 кг каждого вида кофе: сильно обжаренного, слабо обжаренного и кофе стандартной обжарки (рис. 1).

Цветовой анализ экспериментальных образцов кофейных зерен выполнен путем анализа цветового пространства, представленного в трехмерных координатах «Lab» с использованием спектрофотометра X-Rite SP-60. Данный эксперимент был реализован путем выполнения 15 повторений для каждого тестового класса кофе.

Второй этап работы связан с реализацией процесса анализа цвета при помощи аддитивной цветовой модели «RGB» (Red, Green, Blue). Данные о компонентах R, G и B были извлечены из цифровых изображений каждого экспериментального образца кофейных зерен. Для получения необходимой информации о модели цветового пространства, содержащейся в изображении, использовалась доступная среда Python, поддерживаемая библиотеками с открытым исходным кодом Pandas, numPy и Python Image Library (PIL). Библиотека PIL позволила выполнить обработку и в то же время повлияла на модификацию изображения, получив необходимый шаблон

изображения, т. е. извлеченный объект в виде кофейных зерен. Для статистической обработки моделей и извлечения числовых данных из изображения была использована библиотека numPy.

На следующем этапе был выполнен процесс создания нейронной модели (CNN) с помощью Python, которая состояла из входных слоев: слоя свертки (Conv2D), слоя максимального пула (MaxPooling), слоя глобального усреднения (GlobalAveragePooling2D) и выходного слоя (Dense) с 3 нейронами, представляющими выбранный класс кофейных зерен.

Однородность кофейных зерен по исследовательским классам была проведена с использованием дисперсионного анализа

(ANOVA), а тест Тьюки был применен для более точного отображения средних значений между классами кофе с использованием Statistica версии 13.3. Критическое значение теста Тьюки было установлено на уровне значимости $\alpha = 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Предложенная нами модель процедуры подготовки сверточных нейронных сетей (CNN) для пищевых систем состоит из следующих взаимосвязанных этапов: получения изображений, предварительной обработки полученных данных, проектирования CNN, тюнинга модели и модернизации.



Рис. 1. Примеры экспериментальных образцов отобранных кофейных зерен: *а* – стандартные обжаренные кофейные зерна, *б* – пережаренные кофейные зерна, *в* – недожаренные кофейные зерна

Fig. 1. Examples of experimental samples of selected coffee beans: *a* – standard roasted coffee beans, *б* – over-roasted coffee beans, *в* – under-roasted coffee beans



Рис. 2. Схема процедуры подготовки сверточных нейронных сетей (CNN) для проведения визуального анализа

Fig. 2. Scheme of the procedure for preparing convolutional neural networks (CNN) for visual analysis

В таблицах 1 и 2 обобщены результаты моделей цветового пространства «Lab» и аддитивной цветовой модели «RGB» для каждого класса кофе.

Результаты таблицы 1 свидетельствуют о статистически наибольшей разнице в цвете для класса пережаренных кофейных зерен. Анализируя компоненты L, а и b, недожаренные кофейные зерна и стандартные обжаренные кофейные зерна показали статистически значимое сходство между собой. В случае класса пережаренных кофейных зерен наблюдались органолептические различия в яркости (L), красно-зеленого (a) и желто-синего (b) цвета.

Данные таблицы 2 свидетельствуют о небольшом достоверном различии анализируемых образцов. Полученные значения результатов анализа изображений цифрового пространства образцов кофейных зерен при помощи методов «Lab» и

«RGB» позволили установить, что анализ экспериментальных образцов кофейных зерен при помощи аддитивной цветовой модели «RGB» достоверно выше, чем проведенный анализ трехмерных координат «Lab».

При наличии точного представления этих цветов с использованием модели «RGB» для анализа пищевых систем с позиции контроля качества, возможно, осуществление мониторинга подлинности пищевых продуктов при помощи средств искусственного интеллекта, в том числе по органолептическим показателям.

Полученные в ходе работы данные позволили установить, что модель цветового пространства «RGB» вместе с Deep Learning в ближайшее время может стать ключевым аспектом для определения класса качества и идентификации качества пищевых продуктов.

Таблица 1. Средние значения данных, полученных цветовых изображений кофейных зерен в трехмерных координатах «Lab» ($p < 0,05$)

Table 1. Average values of data obtained from color images of coffee beans in three-dimensional “Lab” coordinates ($p < 0.05$)

Наименование образца	координаты		
	L	a	b
Недожаренные кофейные зерна	$18,07 \pm 2,03$	$7,86 \pm 0,51$	$10,83 \pm 0,84$
Пережаренные кофейные зерна	$15,38 \pm 2,31$	$5,86 \pm 0,58$	$6,44 \pm 1,65$
Стандартные обжаренные кофейные зерна	$19,13 \pm 1,69$	$8,13 \pm 0,50$	$11,81 \pm 1,12$

Таблица 2. Средние значения данных, полученных цветовых изображений кофейных зерен в аддитивной цветовой модели «RGB» ($p < 0,05$)

Table 2. Average values of data obtained from color images of coffee beans in the additive color model “RGB” ($p < 0.05$)

Наименование образца	R	G	B
Недожаренные кофейные зерна	$0,33 \pm 0,06$	$0,24 \pm 0,05$	$0,16 \pm 0,03$
Пережаренные кофейные зерна	$0,42 \pm 0,09$	$0,27 \pm 0,05$	$0,18 \pm 0,04$
Стандартные обжаренные кофейные зерна	$0,46 \pm 0,08$	$0,30 \pm 0,05$	$0,19 \pm 0,03$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение глубоких искусственных нейронных сетей позволило классифицировать образцы кофейных зерен с помощью компьютерного зрения на основе идентификации пикселей изображения. В ходе проведения исследований установлено, что цветовая модель «Lab» продемонстрировала сложность различения классов качества недожаренных и стандартных обжаренных кофейных зерен, успешно различив класс образца пережаренного кофе.

Таким образом, анализ свойств и параметра цвета кофе как показателя подлинности может внести ценный вклад в процессы идентификации заложенных качественных характеристик, в том числе органолептических показателей.

ЛИТЕРАТУРА

- Алешков А.В., Синюков В.А., Ивашкин М.В. 2024. Искусственный интеллект в реальном секторе экономики (на примере пищевой индустрии). *Власть и управление на Востоке России*. 2024. № 2 (107). С. 51–63.
- Банцекин Д.В., Агапкин А.М. 2022. Правовая и нормативная база по предотвращению фальсификации кофе и кофейных напитков. *Академическая публицистика*. № 10-2. С. 35–39.
- Валиулина Д.Ф., Макарова Н.В., Пугачева А.С. 2019. Кофе как источник антиоксидантов: сравнительное исследование антиоксидантных свойств кофе различных видов. *Товаровед продовольственных товаров*. № 7. С. 28–36.
- Веремей Е.Е., Фролова Н.А. 2024. Здоровье человека и роль биоактивных соединений растений в синергетическом эффекте противомикробных свойств.

Материалы Международной научно-практической конференции «Россия и мировое сообщество: проблемы демографии, экологии и здоровья населения». С. 36–39.

- Габрельян Е.Э., Моторина Д.В., Харитонова Т.В. 2020. Маркетинговое исследование потребителей кофе. *Студенческий*. № 5-1 (91). С. 52–54.
- Гудошникова М.С. 2022. Кофе и кофепродукты: классификация и товарная характеристика, современный механизм во внешнеторговой деятельности. *Форум молодёжной науки*. Т. 3. № 2. С. 8–14.
- Кароматов И.Д., Каримов М.Б. 2019. Кофе как лечебное и профилактическое средство – обзор литературы. *Биология и интегративная медицина*. № 3 (31). С. 152–173.
- Макаренко Е.А., Борисов А.С. 2019. Влияние нейромаркетинга на технологии продвижения новых продуктов. *Актуальные проблемы экономики и управления*. 2019. № 3 (23). С. 38–40.
- Прохода А.В., Касьянов М.Е. 2024. Исследование качественных показателей различных марок сублимированного кофе. *Студенческий*. № 11-2 (265). С. 36–45.
- Смоленцева Е. В. 2019. Производство кофе как элемент мирового рынка кофе. *Московский экономический журнал*. № 7. С. 71.
- Fadhil R., Safrizal S., Anggrain S. 2024. Sensory assessment of Gayo Arabica coffee using various cold brew tools. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2024. Vol. 16. № 1 (59). P. 248–258.

REFERENCES

- Aleshkov A.V., Sinyukov V.A., Ivashkin M.V. 2024. Artificial intelligence in the real sector of the economy (on the example of

- the food industry). *Vlast' i upravleniye na Vostoke Rossii (Power and governance in the East of Russia)*. 2024. № 2(107). P. 51–63 (in Russian).
- Bantsekin D.V., Agapkin A.M. 2022. Legal and regulatory framework for preventing counterfeiting of coffee and coffee drinks. *Akademicheskaya publitsistika (Academic Journalism)*. № 10-2. C. 35–39 (in Russian).
- Valiulina D.F., Makarova N.V., Pugacheva A.S. 2019. Coffee as a source of antioxidants: a comparative study of the antioxidant properties of different types of coffee. *Tovaroved prodovol'stvennykh tovarov (Commodity Specialist of Food Products)*. № 7. P. 28–36 (in Russian).
- Veremey E.E., Frolova N.A. 2024. Human health and the role of bioactive plant compounds in the synergistic effect of antimicrobial properties. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Russia and the World Community: Problems of Demography, Ecology and Population Health"*. P. 36–39 (in Russian).
- Gabrielyan E.E., Motorina D.V., Kharitonova T.V. 2020. Marketing research of coffee consumers. *Studencheski (Student's)*. № 5-1(91). C. 52–54 (in Russian).
- Gudoshnikova M.S. 2022. Coffee and coffee products: classification and commodity characteristics, modern mechanism in foreign trade activities. *Forum molodozhnoy nauki (Youth Science Forum Journal)*. Vol. 3. № 2. P. 8–14 (in Russian).
- Karomatov I.D., Karimov M.B. 2019. Coffee as a therapeutic and prophylactic agent - a literature review. *Biologiya i integrativnaya meditsina (Biology and Integrative Medicine)*. № 3(31). P. 152–173 (in Russian).
- Makarenko E.A., Borisov A.S. 2019. The Impact of Neuromarketing on New Product Promotion Technologies. *Aktual'nyye problemy ekonomiki i upravleniya (Actual Problems of Economics and Management)*. 2019. № 3(23). P. 38–40 (in Russian).
- Prokhoda A.V., Kasyanov M.E. 2024. Study of quality indicators of various brands of freeze-dried coffee. *Studencheskiy (Student's)*. № 5-1(91). P. 52–54 (in Russian).
- Smolentseva E.V. 2019. Coffee production as an element of the world coffee market. *Moskovskiy ekonomicheskij zhurnal (Moscow Economic Journal)*. № 7. P. 71 (in Russian).
- Fadhil R., Safrizal S., Anggrain S. 2024. Sensory assessment of Gayo Arabica coffee using various cold brew tools. *Obespecheniye razvitiya gornykh territoriy*. Vol. 16. №. 1(59). P. 248–258 (in Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Фролова Нина Анатольевна – Калининградский государственный технический университет; 236039, Россия, Калининград; доктор технических наук, доцент, профессор кафедры инжиниринга технологического оборудования; nina.frolova@klgtu.ru. SPIN-код: 7092-6913, Author ID: 967939.

Frolova Nina Anatolyevna – Kaliningrad State Technical University; 236039, Russia, Kaliningrad; Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Technological Equipment Engineering; nina.frolova@klgtu.ru. SPIN-code: 7092-6913, Author ID: 967939.

Верхотуров Василий Владимирович – Калининградский государственный технический университет; 236039, Россия, Калининград; доктор биологических наук, доцент, директор института агроинженерии и пищевых систем; vasilij.verkhoturov@klgtu.ru. SPIN-код: 2947-5104, Author ID: 287647.

Verkhoturov Vasily Vladimirovich – Kaliningrad State Technical University; 236039, Russia, Kaliningrad; Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Agroengineering and Food Systems; vasilij.verkhoturov@klgtu.ru. SPIN-code: 2947-5104, Author ID: 287647.

Шкрабтак Наталья Викторовна – Амурский государственный университет; 675027, Россия, Благовещенск; доктор технических наук, доцент, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности; mmip2013@mail.ru. SPIN-код: 8249-8068, Author ID: 571341.

Shkrabtak Natalia Viktorovna – Amur State University; 675027, Russia, Blagoveshchensk; Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Life Safety; mmip2013@mail.ru. SPIN-code: 8249-8068, Author ID: 571341.

Александров Игорь Станиславович – Калининградский государственный технический университет; 236039, Россия, Калининград; доктор биологических наук, доцент, директор института морских технологий и энергетики; igor.aleksandrov@klgtu.ru. SPIN-код: 7426-7935, Author ID: 722812.

Alexandrov Igor Stanislavovich – Kaliningrad State Technical University; 236039, Russia, Kaliningrad; Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Marine Technologies and Energy; igor.aleksandrov@klgtu.ru. SPIN-code: 7426-7935, Author ID: 722812.

Подашев Дмитрий Борисович – Калининградский государственный технический университет; 236039, Россия, Калининград; доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой инжиниринга технологического оборудования; dmitrij.podashev@klgtu.ru. SPIN-код: 3538-1829, Author ID: 687515.

Podashev Dmitry Borisovich – Kaliningrad State Technical University; 236039, Russia, Kaliningrad; Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Technological Equipment Engineering; dmitrij.podashev@klgtu.ru. SPIN-code: 3538-1829, Author ID: 687515.

Щербакова Елена Петровна – Калининградский государственный технический университет; 236039, Россия, Калининград; кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры инжиниринга технологического оборудования; elena.shcherbakova@klgtu.ru. SPIN-код: 5793-8914, Author ID: 1073122.

Shcherbakova Elena Petrovna – Kaliningrad State Technical University; 236039, Russia, Kaliningrad; Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Technological Equipment Engineering; elena.shcherbakova@klgtu.ru. SPIN-code: 5793-8914, Author ID: 1073122.

Снытников Алексей Владимирович – Калининградский государственный технический университет; 236039, Россия, Калининград; доктор технических наук, доцент, профессор кафедры прикладной информатики; aleksej.snytnikov@klgtu.ru. SPIN-код: 5879-4988, Author ID: 114000

Snytnikov Alexey Vladimirovich – Kaliningrad State Technical University; 236039, Russia, Kaliningrad; Doctor of Technical Sciences, Docent, Professor of the Department of Applied Informatics; aleksej.snytnikov@klgtu.ru. SPIN-code: 5879-4988, Author ID: 114000.

Статья поступила в редакцию 28.04.2025; одобрена после рецензирования 29.07.2025; статья принята к публикации 22.09.2025.

The article was submitted 28.04.2025; approved after reviewing 29.07.2025; accepted for publication 22.09.2025.

Для цитирования: Фролова Н.А., Верхотуров В.В., Шкрабтак Н.В., Александров И.С., Подашев Д.Б., Щербакова Е.П., Снытников А.В. 2025. Анализ цветовых характеристик кофейных зерен при помощи сверточных нейронных сетей. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 73. С. 8–15. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2025-73-8-15>.

For citation: Frolova N.A., Verkhoturov V.V., Shkrabtak N.V., Aleksandrov I.S., Podashev D.B., Shcherbakova E.P., Snytnikov A.V. 2025. Analysis of color characteristics of coffee beans using convolutional neural networks. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 73. P. 8–15 (in Russian). <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2025-73-8-15>.

Научная статья

УДК 664.6

DOI: 10.17217/2079-0333-2025-73-16-27

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ГИДРОБИОНТОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА СТЕПЕНЬ ИХ ДИСПЕРСНОСТИ

Чмыхалова В.Б.

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

В настоящее время актуальной является организация правильного питания населения, которая предполагает обеспечение потребителя не только калорийным продуктом, но и сбалансированным по химическому составу, обеспечивающим потребление необходимых нутриентов за счет внесения обогащающих добавок. Сахарные кондитерские изделия содержат в составе быстрые углеводы, обеспечивающие высокую калорийность пищи, но имеют дефицит белков, соответственно аминокислот, многих минеральных и витаминных компонентов, что уменьшает ценность шоколада как полноценного пищевого продукта. Поэтому внесение в состав рецептурной композиции добавок на основе гидробιονтов одновременно несет следующие функции: обогащает продукт белком, витаминами и минералами и одновременно снижает калорийность продукта за счет уменьшения в составе части жира и углеводов.

Ключевые слова: дегидрирование, кукумария, обогащение, шоколад.

Original article

INFLUENCE OF PRE-TREATMENT MODES OF HYDROBIONTS USED IN CONFECTIONERY PRODUCTION ON THEIR DISPERSION DEGREE

Chmykhalova V.B.

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

Currently, the organization of proper nutrition of the population is relevant, which involves providing the consumer with not only a high-calorie product, but also a balanced chemical composition, ensuring the consumption of essential nutrients due to the introduction of enriching additives. Sugar confectionery products contain fast carbohydrates, providing high caloric value of food, but have a deficiency of proteins, respectively amino acids, many mineral and vitamin components, which reduces the value of chocolate as a complete food product. Therefore, the introduction of additives based on hydrobionts into the prescription composition simultaneously has the following functions: enriching the product with protein, vitamins and minerals, and, at the same time, reducing the caloric value of the product due to a decrease in the fat and carbohydrates in the composition.

Key words: dehydrogenation, cucumaria, enrichment, chocolate.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время прослеживается четкая динамика роста выпуска сахаристых кондитерских изделий в общем объеме выпускаемой кондитерской продукции. В связи с изменением предпочтений населения в определенных группах кондитерской продукции изменились пропорции выпуска различных групп сахаристых кондитерских продуктов. Ряд авторов указывают на увеличение выпуска шоколада и шоколадных изделий в среднем в два раза [Кайшев, 2018]. Изменению подверглись не только объемы производства, но и ассортимент шоколада. Потребитель хочет видеть в реализации не только органолептически приятный продукт, энергетически ценный, но и полезный, обогащенный теми компонентами, дефицит которых в структуре питания существует. Производители, учитывая потребности потребителя, обогащают шоколад путем внесения разнообразных добавок в рецептуру традиционных изделий. Такими добавками являются компоненты растительного и животного происхождения, такие как орехи, сухофрукты, пищевые волокна, масличные культуры, про- и пребиотики. Особое внимание в последние годы, ввиду стремления потребителя к правильному питанию, уделяется повышению пищевой ценности при одновременном снижении калорийности продукта. Такого результата можно достичь, исключая из рецептуры энергетически емкие компоненты и внося другие, обогащающие продукт недостающими веществами, но имеющими меньшую энергетическую ценность. Особо актуальна замена части «быстрых» углеводов на белковые компоненты, содержащиеся в продуктах животного происхождения, либо за счет введения в состав продукта неусваиваемых углеводов, таких как

клетчатка, витаминных, минеральных ингредиентов.

Недостатком большинства сахаристых кондитерских изделий является высокая калорийность (540–580 ккал) за счет значительного содержания углеводов. Создатели новых рецептур работают над заменой сахара в составе шоколада на заменители сахара, имеющие неуглеводную основу. Доминируют среди применяемых подсластителей многоатомные сладкие спирты (ксилит, сорбит, маннит, лактит). Появились современные неуглеводные подсластители на основе растительного сырья, широко используемые в пищевых технологиях (стевиозид, сукралоза, аспартам), актуальным считается использование про- и пребиотиков (инулин) [Агунович, Чмыхалова, 2023].

В последние годы в реализации появились шоколадные изделия с добавками на основе морепродуктов. Так, ООО «Приморский кондитер» выпускает шоколад с добавками трепанга, с морским гребешком, с морской капустой, с морским ежом. Предприятие использует гидробионты, традиционно добываемые в Приморском крае. Такие изменения в рецептуре традиционного шоколада весьма актуальны, поскольку позволяют обогатить продукт ценными аминокислотами, содержащимися в гидробионтах и отсутствующими в традиционных рецептурных компонентах шоколада, внести в состав продукта макро-и микроэлементы, содержащиеся в сырье водного происхождения.

Ряд авторов изучают применение широкого спектра добавок в производстве шоколада, таких как водоросли, фитонциды, молочные продукты, гидробионты (морской еж, трепанг, морской гребешок) и другие [Патент 2061311 РФ (Шепеленко В.Б., Черниченко В.В.); Патент 2465777 РФ (Гордия А.В., Андреева Н.Г., Филонова Н.И.

и др.); Патент 2548466 РФ (Шепеленко В.Б., Черниченко В.В.); Патент 2548467 РФ (Шепеленко В.Б., Черниченко В.В.); Патент 2548487 РФ (Шепеленко В.Б., Черниченко В.В.); Патент 2606822 РФ. (Киндаров З.Б., Мачигов А.А., Алаев Ш.Л. и др.); Патент 2633555 РФ (Перфилова О.В., Холина Е.И., Родионов Ю.В. и др.)].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основной задачей проводимой работы было использовать гидробионт – кукумарию, – имеющий высокое содержание полноценного белка в рецептуре шоколадной массы для ее обогащения полноценным белком, минералами и витаминами. Эти компоненты, присутствующие в кукумарии, позволят сделать популярное лакомство полезным, снизить его энергетическую ценность, сделать приемлемым для использования данного продукта потребителями различных возрастных групп.

Целью настоящей работы была подготовка кукумарии к включению в состав шоколадной массы, обеспечение должного уровня дисперсности добавки с тем, чтобы композиция шоколадной массы была гладкой, приятной органолептически, без грубых включений и фрагментов нерастертости, без резких вкусовых оттенков, которые она будет иметь при наличии крупных включений гидробионта. Кроме того, имея жесткую консистенцию в высушенном состоянии и не будучи растертой в тонкодисперсный порошок, кукумария будет ухудшать разжевываемость продукта, возможно прилипание частиц гидробионта к зубам при употреблении шоколада. Все вышесказанное ухудшит впечатление от созданного продукта, ограничит его покупаемость и употребление различными группами потребителя. Органолептические несовершенства могут «перевесить»

пользу от планируемого обогащения и исключат положительный эффект таких изменений.

Дегидрирование кукумарии проводили путем воздействия на объект инфракрасных лучей в электросушилке ЭСБИК-1,25/220 «Икар». Оптимальные параметры устанавливали, варьируя режимы обработки. Обезвоживание было проведено при различных температурах – 25; 40 и 65°C.

Подготовка гидробионта заключалась в его дефростации в течение 6–8 часов на воздухе, температура которого не должна превышать 20°C, во избежание нежелательных гидролитических и микробиологических изменений в процессе дефростации (мы предположили, что использование замороженного объекта позволит нам не зависеть от плановости поставок сырья и организовать бесперебойное производство). Размороженная кукумария приобретала гибкость, пластичность, легко поддавалась шинкованию. При шинковании ширина полосок была обеспечена 8–10 мм, после чего шинкованную массу гидробионта укладывали тонким слоем в электросушилку ЭСБИК-1,25/220 «Икар» и дегидрировали инфракрасными лучами при относительной влажности воздуха в сушильной камере 40–60%. Итоговая влажность кукумарии по окончании сушки не должна была превышать 3%, что обеспечивало хорошую хрупкость объекта при последующем измельчении и способствовало получению тонкодисперсного порошка.

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

Отбор проб для оценки рациональности проведенных изменений производили по ГОСТ 5904-2019 «Изделия кондитер-

ские. Правила приемки и методы отбора проб» [ГОСТ 5904-2019, 2019].

Поскольку одним из основных критериев, влияющих на решение внесения кукумарии в состав массы была сенсорная характеристика продукта, были проведены дегустации в соответствии с ГОСТ 5897-90 «Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей» [ГОСТ 5897-90, 2012].

При оценке изменения влагосодержания кукумарии в процессе сушки руководствовались требованиями ГОСТ 7636-85 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа» [ГОСТ 7636-85, 1985].

В состав продукта входили следующие основные рецептурные компоненты:

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

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

- сахар по ГОСТ 33222-2015 «Сахар белый. Технические условия» [ГОСТ 33222-2015, 2015].

Состав рецептурных компонентов и их дозировка при формировании шоколадной массы указаны в таблице 1. Чтобы проследить, каким образом влияет степень дисперсности гидробионта в составе шоколадной массы на сенсорные характеристики продукта, количество вносимой кукумарии было фиксированным во всех рецептурах экспериментальных образцов –

50 г. Изменялась лишь степень раздробленности вносимой кукумарии, ее дисперсность. Контрольный образец был изготовлен без добавок гидробионта и использовался для сравнения.

Последовательность действий при изготовлении образцов шоколада с заявленной добавкой и контрольного образца была следующей.

Два основных ингредиента – масло какао в жидком виде и какао тертое в каллетах смешивали в чаше смесителя с остальными рецептурными компонентами. Периодически для обеспечения равномерного смешивания и распределения компонентов сырье темперировали в микроволновой печи короткими импульсами (10–15 с). Данный прием сочли наиболее рациональным, поскольку при нагревании вязкость массы снижается и смешивание происходит достаточно быстро и эффективно. В интервалах между темперирующим воздействием расплавленную массу тщательно гомогенизировали, поддерживая при этом температурный оптимум 42–45°C. Соединив компоненты в нагретом состоянии, температуру массы снижали до 33–35°C, постоянно помешивая, вводили сахар, тщательно вымешивали шоколадную массу до однородности. Добавку гидробионта в виде тонкодисперсного порошка кукумарии вносили по достижении массой температуры 25–27°C. Добавку вносили порционно, медленно и тщательно перемешивая композицию. Контрольный образец готовили без добавки кукумарии.

Таблица 1. Рецептуры образцов шоколада

Table 1. Recipes of chocolate samples

Наименование компонента	Контрольный образец	Экспериментальный образец
Какао тертое	500	475
Масло какао	250	237,5
Сахар	250	237,5
Порошок кукумарии	–	50
Выход	1 000	1 000

Для соединения компонентов и их гомогенизации использовали емкостной смеситель, длительность процесса определяли по мере приобретения массой пластичности, однородности, отсутствию нерастертых включений. Считается оптимальным температурный диапазон массы по окончании перемешивания 35–42°C [Скобельская, Горячева, 2002]. При такой температуре отпадает необходимость промежуточного подогрева массы перед отливкой в формы, поскольку в этом температурном интервале масса текуча.

Если температура массы снизилась до величины ниже 29°C, масса плохо отливается и становится комкообразной. В этом случае подготовленные образцы выдерживали в микроволновой печи до температуры 29–30°C, повышая их текучесть, затем отливали их в формы (предварительно подогретые до 30°C), после чего охлаждали 1,5–2 ч при температуре окружающего воздуха 16–18°C. Процесс твердения шоколада связан с формированием его структуры. Он двухэтапный. Первый этап предполагает процесс «схватывания» шоколада, именно в этот период, который по продолжительности занимает около 30 мин, закрепляются форма и размеры изделия; в ходе второго этапа изделие застывает. В процессе застывания изделие целесообразно поместить в холодильник, что сократит период застывания и обеспечит протекание процесса за 30 мин.

Степень достоверности приводимых показателей была установлена графоаналитически и статистически. Систематизацию и анализ данных проводили с помощью программы операционной системы Astra Linux. В ходе анализа было выполнено усреднение показателей и выведена величина средней погрешности. Итогом анализа стало установление величины доверительного интервала, который составил

($\Delta \pm 10$)%, и надежности P , величина которой составила 0,95.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Важным показателем, определяющим выбор режимов предварительной обработки сырья, являлась тонкость возможного помола кукумарии по завершении процесса сушки. Особое внимание в работе было уделено подготовке сырья к измельчению. Должная степень раздробленности исходного материала позволит достичь высокой степени дисперсности, которая обеспечит гладкую, приятную вкусовую композицию без резких перепадов вкусовых ощущений, которые дают крупные включения в составе рецептурной смеси. При подготовке важно было достичь хрупкости, при которой высушенная кукумария, имеющая достаточно плотную консистенцию, легко измельчалась бы до состояния тонкодисперсного порошка. Для повышения хрупкости в качестве подготовительной операции технологического процесса приготовления добавки из кукумарии в состав рецептурной смеси шоколадной массы применяли сушку при различных температурно-временных условиях, выбирая оптимальный по результатам последующего измельчения и оценки гранулометрического состояния полученного материала.

Вариантами температурных режимов дегидрирования кукумарии были:

- при постоянной температуре 25°C (образец 1);
- при постоянной температуре 40°C (образец 2);
- при постоянной температуре 65°C (образец 3).

Особенностью сушки столь плотного материала, как мышечная ткань кукумарии, является возможность ступенчатой сушки, предполагающей чередование

внешней диффузии (удаление влаги из объекта в окружающую среду) с внутренней (периоды «отдыха», в ходе которых влага перемещается из глубинных слоев к поверхностным. С этой целью через каждые 4 ч сушки делали перерыв 2 ч для перераспределения влаги. В период протекания внутренней диффузии поддерживали температуру воздуха 20°C и его относительную влажность в среднем 70%. Тенденция снижения влагосодержания при дегидрировании кукумарии показана на рисунке 1.

Наиболее активен процесс дегидрирования в первые 10 ч сушки. Уплотненность тканей в этот период минимальна, нет тормозящего действия за счет сокращения миофибрилл и их сжатия, легче выход влаги за пределы системы. Примечательно, что длительность и итоговые показатели полуфабриката напрямую зависели от режимов обработки. Так, процесс, выполненный при температуре 25°C (рис. 1, образец 1) весьма продолжителен, влагосодержания 3% кукумария достигла на 33-м часе сушки. При такой длительности качество полуфабриката не предполагало по-

лучение целевого продукта – тонкодисперсного порошка. Полуфабрикат был твердым, плотным и трудно измельчался.

Температура дегидрирования 40°C (рис. 1, образец 2) обеспечила более быстрый процесс, но качество полуфабриката вновь не позволило обеспечить нужную диспергируемость. Мягкие ткани гидробионта расслаивались, не растирались в порошок, происходило размятие, разделение на волокна и образование конгломерата на ножах измельчителя. Консистенция измельчаемого продукта была похожа на весьма плотную пасту.

Лучшим вариантом было отмечено дегидрирование при температуре 65°C (рис. 1, образец 3). При такой температуре продукт имел равномерно распределенную по толщине объекта влажность и при незначительном механическом воздействии легко растирался в порошок. В результате измельчения получились частицы размером 50 мкм, которые органично вписывались в состав шоколадной массы при составлении рецептурной смеси. Приведенная температура обеспечила достижение желаемой влажности – 3%.

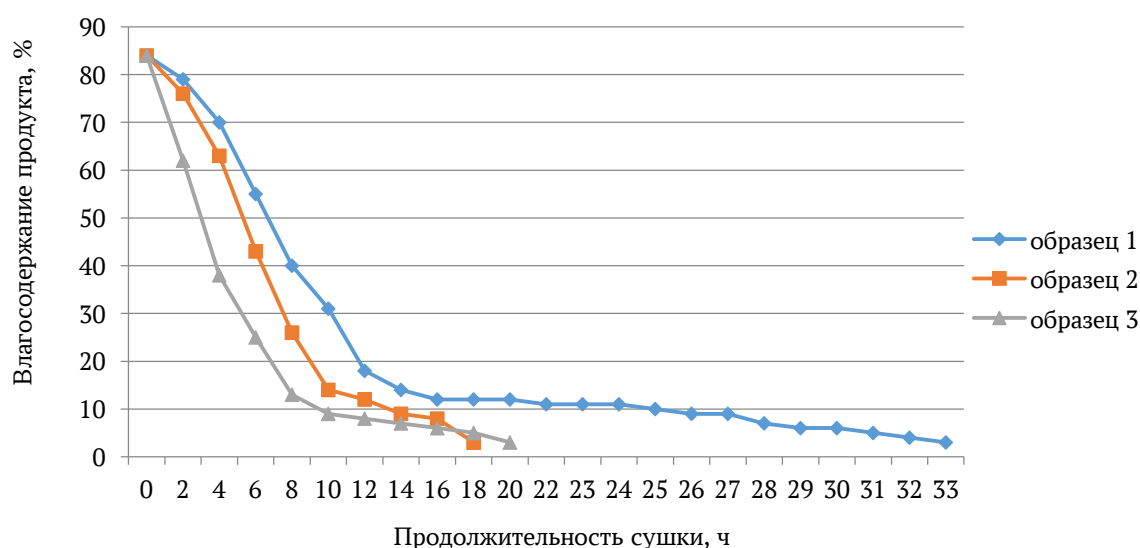


Рис. 1. Динамика влагоотдачи кукумарии в процессе сушки

Fig. 1. Dynamics of water release of cucumaria during drying

Особенностью сушки являлась необходимость прерывания процесса для перераспределения воды, перемещающейся из внутренних слоев ткани к поверхностным.

Сушку кукумарии при температуре 65°C можно считать способом, позволяющим, с одной стороны, обеспечить относительно высокую скорость процесса, с другой – обеспечить качественное проведение последующего процесса измельчения. Привлекательным для производителя будет тонкость помола добавки, поскольку позволит добиться органичной композиции с остальными компонентами шоколадной массы, обеспечит нежный и мягкий вкус без резких переходов.

Результаты определения влияния температуры сушки на физико-механические показатели высушенных отходов приведены в таблице 2. Для оценки применяли 5-балльную шкалу: более высокой степени

проявления показателя соответствовал более высокий балл.

При определении оптимальных параметров дегидрирования было изучено изменение состояния тканей гидробионта при выбранной температуре проведения процесса 65°C. В процессе сушки органолептически определяли состояние мягких тканей, их пригодность к измельчению (табл. 3).

Динамика изменения размеров частиц мягких тканей кукумарии после измельчения в зависимости от продолжительности сушки голотурии представлена на рисунке 2 [Агунович, Чмыхалова, 2023]. Приведенная кривая наглядно демонстрирует рациональность сушки кукумарии в течение 45 ч, что позволит достичь наилучшей диспергируемости покровных тканей гидробионта после сушки и последующего измельчения.

Таблица 2. Влияние температуры сушки кукумарии на физико-механические показатели высушенного материала

Table 2. The influence of drying temperature of cucumaria on physical and mechanical properties of dried material

Наименование показателя	Температура сушки, °C		
	25	40	65
Хрупкость, балл	2	3	5
Тонкость помола, балл	1	3	5

Таблица 3. Изменение целостности мягких тканей кукумарии в процессе сушки при температуре 65°C

Table 3. Changes in the integrity of soft tissues of cucumaria during drying at a temperature of 65°C

Продолжительность сушки, ч	Состояние костной ткани
6	Мягкие ткани кукумарии при сгибании объекта надламывались с трудом, место разлома разрывалось с трудом, было волокнистым. При разрыве с приложением усилий получались крупные фрагменты. При размалывании крупных фрагментов образовывались крупные частицы размером до 10 мм, которые в процессе разлома тянулись за ножами измельчителя, не разрываясь. Растереть объект до состояния порошка не представлялось возможным
12	Мышечная ткань при приложении значительных усилий надламывалась и разделялась на отдельные фрагменты. Тело кукумарии при сгибании ломалось после сильного перегиба на крупные фрагменты. При размалывании образовывались достаточно крупные фрагменты неправильной формы размером до 5 мм, которые после их включения в состав рецептурной смеси шоколадной массы органолептически ощущались при дегустации образца шоколада

Окончание табл. 3

The end of the Table 3

Продолжительность сушки, ч	Состояние костной ткани
22	Мягкие ткани кукумарии разламывались достаточно легко, но не крошились. Утолщенные фрагменты при сгибании ломались после сильного перегиба на крупные фрагменты. При размалывании размер частиц составил 0,9 мм, частицы органолептически ощущались при дегустации образца шоколада
34	Разлом мягких тканей кукумарии происходил при незначительном механическом воздействии, они ломались на частицы неоднородного размера. Средний размер частиц при разломе составлял 0,5 мм, которые органолептически не ощущались при дегустации образца
45	Ткани высушенной кукумарии легко растирались в порошок при незначительной механической нагрузке. При приложении истирающих усилий получался тонкодисперсный порошок, представленный частицами размером менее 0,1 мм



Рис. 2. Динамика изменения размеров фрагментов кукумарии после измельчения в зависимости от продолжительности сушки

Fig. 2. Dynamics of change in the size of cucumaria fragments after grinding depending on the duration of drying

Для перераспределения влаги материал оставляли в камере сушиллки при отключенном режиме сушки. Процесс вели до достижения содержания воды в кукумарии не выше 3%, что обеспечивало высокую хрупкость и как результат высокую степень измельчения на следующем этапе.

После включения в рецептурную смесь порошков кукумарии, полученных в результате высушивания гидробионта при температурах, указанных выше, проводили органолептическую оценку готового шоколада. Результаты сенсорной оценки приведены в таблице 4. Рациональными пара-

метрами процесса подготовительного дегидрирования кукумарии стали – длительность 45 ч при температуре 65°C. Завершая обработку, температуру объекта снижали до 18°C, после чего устанавливали его влагосодержание. Приведенные параметры процесса предполагают получение хрупкого материала, который легко диспергировали до порошкообразного (10–50 мкм) состояния в кофемолке «Bosh» (рис. 3). Полученный порошок характеризовался приятным запахом, характерным для обезвоженного гидробионта, глубоким, концентрированным вкусом, серо-оранжевым цветом.

Таблица 4. Результаты органолептической оценки образцов шоколада с использованием порошков кукумарии, полученных в результате дегидрирования при различных температурах

Table 4. Results of organoleptic evaluation of chocolate samples using cucumaria powders obtained by dehydration at different temperatures

Температура сушки кукумарии, °С	Характеристика образца шоколада
25	Изделие не обладает гармоничным вкусом, ощущается несбалансированность соединения какао-продуктов с добавкой гидробионта, при сенсорной оценке компоненты не представляют собой единую композицию и ощущаются отдельно друг от друга. Частицы кукумарии твердые, плотные, затрудняют употребление продукта, прилипают к зубам, ощущается твердость и жесткость отдельных частиц
40	Композиция не сбалансирована, ощущается нерастертость какао-продуктов и излишняя твердость некоторых достаточно мелких частиц кукумарии. Продукт органолептически не приятен, ощущается клейкость гидробионта, входящего в состав рецептурной смеси
65	Продукт гармоничен по вкусу, все компоненты органично соединены в композицию, вкус гладкий, ощущается «шелковистость» вкуса благодаря тонкодисперсной структуре ингредиентов, входящих в состав массы, нет резкого доминирования отдельных компонентов, преобладания отдельного вкуса и перебивания вкуса, нет резкости и грубого оттенка вкуса за счет отсутствия конгломератов частиц гидробионта и хорошей растертости какао-компонентов

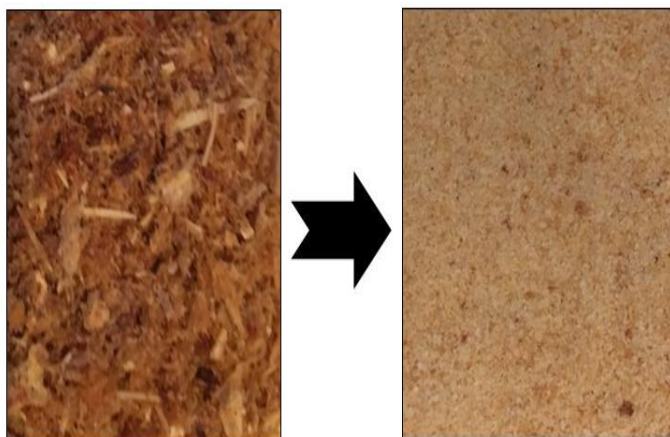


Рис. 3. Результат измельчения кукумарии по окончании высушивания до состояния тонкодисперсного порошка

Fig. 3. The result of grinding cucumaria after drying to a fine powder

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные эксперименты позволили разработать режимы подготовки кукумарии к процессу производства шоколада, выбрать оптимальные параметры, позволяющие добиться должной степени дисперсности для органичного включения в состав шоколадной массы. Проведенные

работы обеспечили получение конкретных цифровых характеристик дегидратации, соблюдение которых даст возможность получить оптимальные вкусовые параметры шоколадной массы и впоследствии готового шоколада.

Благодаря тонкодисперсной добавке кукумарии, полученной в результате сушки и измельчения, последующая гомогени-

зация, конширование прошли успешно, вкус продукта не имел резких оттенков, неприятных органолептических ощущений. Все вышесказанное позволило разработать новый продукт – шоколад с добавкой кукумариин, обогащенный ее ценными белковыми, витаминными и минеральными компонентами.

ЛИТЕРАТУРА

- Агунович Ю.А., Чмыхалова В.Б. 2023. Разработка технологии шоколада с пищевыми обогатителями из морепродуктов. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 65. С. 6–17.
- ГОСТ 5897-90. 2012. Изделия кондитерские. Методы определения органолептических показателей качества, размеров, массы нетто и составных частей. Москва: Стандартинформ. 8 с.
- ГОСТ 5904-2019. 2019. Изделия кондитерские. Правила приемки и методы отбора проб. Москва: Стандартинформ. 15 с.
- ГОСТ 34071-2017. 2017. Какао тертое. Технические условия. Минск: Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 12 с.
- ГОСТ 34072-2017. 2017. Масло какао. Технические условия. Минск: Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации. 16 с.
- ГОСТ 7636-85. 1985. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. Москва: Стандартинформ. 126 с.
- ГОСТ 33222-2015. 2015. Сахар белый. Технические условия. Москва: Стандартинформ. 14 с.
- Кайшев В.Г. 2018. Итоги работы пищевой и перерабатывающей промышленности в 2017 г.: проблемы, перспективы. *Пищевая промышленность*. № 3. С. 10.

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

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

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

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

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

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

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

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

REFERENCES

- Agunovich Yu.A., Chmykhalova V.B. 2023. Development of technology for chocolate with food fortifiers from seafood. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 65. P. 6–17 (in Russian).

- GOST 5897-90. 2012. Confectionery products. Methods for determining organoleptic indicators of quality, size, net weight and components. Moscow: Standartinform. 8 p. (in Russian).
- GOST 5904-2019. 2019. Confectionery products. Acceptance rules and sampling methods. Moscow: Standartinform. 15 p. (in Russian).
- GOST 34071-2017. 2017. Cocoa mass. Technical conditions. Minsk: Eurasian Council for Standardization, Metrology and Certification. 12 p. (in Russian).
- GOST 34072-2017. 2017. Cocoa butter. Technical conditions. Minsk: *Eurasian Council for Standardization, Metrology and Certification*. 16 p. (in Russian).
- GOST 7636-85. 1985. Fish, marine mammals, marine invertebrates and their processed products. Methods of analysis. Moscow: Standartinform. 126 p. (in Russian).
- GOST 33222-2015. 2015. White sugar. Technical conditions. Moscow: Standartinform. 14 p. (in Russian).
- Kaishev V.G. 2018. The results of the work of the food and processing industry in 2017: problems, prospects. *Pishchevaya promyshlennost' (Food Industry)*. № 3. P. 10 (in Russian).
- Patent 2061311 of the Russian Federation. The composition for obtaining chocolate. *Chernichenko Vladimir Viktorovich* (Shepelenko V.B., Chernichenko V.V.) (in Russian).
- Patent 2465777 of the Russian Federation. The composition for making chocolate. *JSC Primorsky Confectioner* (Gordiyana A.V., Andreeva N.G., Filonova N.I. et al.) (in Russian).
- Patent 2548466 of the Russian Federation. The composition for obtaining chocolate. *Chernichenko Vladimir Viktorovich* (Shepelenko V.B., Chernichenko V.V.) (in Russian).
- Patent 2548467 of the Russian Federation. The composition for obtaining chocolate. *Chernichenko Vladimir Viktorovich* (Shepelenko V.B., Chernichenko V.V.) (in Russian).
- Patent 2548487 of the Russian Federation. The composition for obtaining chocolate. *Chernichenko Vladimir Viktorovich* (Shepelenko V.B., Chernichenko V.V.) (in Russian).
- Patent 2606822 of the Russian Federation. The method of making chocolate. *Chechen State University* (Kindarov Z.B., Machigov A.A., Alaev S.L. et al.) (in Russian).
- Patent 2633555 of the Russian Federation. A method for making chocolate using parsnip powder. *Tambov State Technical University* (Perfilova O.V., Kholina E.I., Rodionov Yu.V. et al.) (in Russian).
- Skobelskaya Z.G., Goryacheva G.N. 2002. Technology of production of sugar confectionery products. Moscow: IRPO Publ. 416 p. (in Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

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

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

Статья поступила в редакцию 16.07.2025; одобрена после рецензирования 29.08.2025; статья принята к публикации 22.09.2025.

The article was submitted 16.07.2025; approved after reviewing 29.08.2025; accepted for publication 22.09.2025.

Для цитирования: Чмыхалова В.Б. 2025. Влияние режимов предварительной обработки гидробионтов, используемых при производстве кондитерских изделий на степень их дисперсности. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 73. С. 16–27. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2025-73-16-27>.

For citation: Chmykhalova V.B. 2025. Influence of pre-treatment modes of hydrobionts used in confectionery production on their dispersion degree. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 73. P. 16–27 (in Russian). <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2025-73-16-27>.

Научная статья

УДК 664.6

DOI: 10.17217/2079-0333-2025-73-28-36

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИТОПОРОШКА ЯГОД *HIPPORHAE RHAMNOIDES* L.
В ТЕХНОЛОГИИ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ
ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ**

Фролова Н.А.¹, Верхотуров В.В.¹, Шкрабтак Н.В.², Гринчук М.А.¹, Веремей Е.Е.¹

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

² Амурский государственный университет, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 21.

На территории Калининградской области повсеместно произрастает облепиха крушиновидная (*Hipporhae rhamnoides* L.), которая представляет собой кустарник, принадлежащий к семейству лоховых. Плоды *Hipporhae rhamnoides* L. богаты биологически активными веществами (БАВ): антиоксидантами, фенольными соединениями, L-аскорбиновой кислотой, флавоноидами, каротиноидами, эфирными маслами, витаминами и т. д. При получении сока из плодов *Hipporhae rhamnoides* L. остается большое количество вторичных продуктов их переработки – мезги, которая представляет интерес с точки зрения богатого химического состава и рационального использования сырьевых ресурсов региона. В ходе проведения исследований нами проведен анализ возможности использования фитопорошков плодов *Hipporhae rhamnoides* L. в количестве 5; 10 и 15% от общего количества шоколадной массы, полученных после отжима сока, в технологии получения молочного шоколада повышенной пищевой ценности. Наиболее оптимальным образцом с точки зрения повышения пищевой ценности, сохранения вкусовых и реологических свойств явились экспериментальные образцы с добавлением 15% фитопорошка плодов *Hipporhae rhamnoides* L. Увеличение дозировки фитопорошка плодов *Hipporhae rhamnoides* до 15% привело к повышению значений анализируемых реологических характеристик, т. е. максимальной твердости, общей энергии сдвига, когезивности и липкости. Экспериментальные образцы с введением 10 и 15% фитопорошков плодов *Hipporhae rhamnoides* содержат больше β-каротина и ликопина примерно в 4 раза.

Ключевые слова: молочный шоколад, пищевая ценность, плоды облепихи, реологические свойства, фитопорошки.

Original article

**USE OF PHYTOPOWDER FROM *HIPPORHAE RHAMNOIDES* L. BERRIES
IN THE TECHNOLOGY OF CONFECTIONERY PRODUCTS
WITH HIGH NUTRITIONAL VALUE**

Frolova N.A.¹, Verkhoturov V.V.¹, Shkrabtak N.V.², Grinchuk M.A.¹, Veremey E.E.¹

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

² Amur State University, Blagoveshchensk, Ignatyevskoye Shosse 21.

Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.), a shrub belonging to the Elaeagnaceae family, grows everywhere in the Kaliningrad region. *Hippophae rhamnoides* L. fruit is rich in biologically active substances (BAS): antioxidants, phenolic compounds, L-ascorbic acid, flavonoids, carotenoids, essential oils, vitamins, etc. When obtaining juice from *Hippophae rhamnoides* L. fruit, a large number of secondary products of their processing remain - pulp, which is of interest from the point of view of its rich chemical composition and rational use of raw materials in the region. During the research, we analyzed the possibility of using *Hippophae rhamnoides* L. fruit phytopowders in the amount of 5; 10 and 15% of the total amount of chocolate mass obtained after squeezing the juice in the technology of obtaining milk chocolate of increased nutritional value. The most optimal sample in terms of increasing the nutritional value, preserving the taste and rheological properties were the experimental samples with the addition of 15% of the *Hippophae rhamnoides* L. fruit phytopowder. Increasing the dosage of the *Hippophae rhamnoides* L. fruit phytopowder to 15% led to an increase in the values of the analyzed rheological characteristics, i.e. maximum hardness, total shear energy, cohesivity and stickiness. The experimental samples with the introduction of 10 and 15% of the *Hippophae rhamnoides* L. fruit phytopowders contain approximately 4 times more β -carotene and lycopene.

Key words: milk chocolate, nutritional value, sea buckthorn fruit, rheological properties, phytopowders.

ВВЕДЕНИЕ

Расширение ассортимента пищевых продуктов, в том числе кондитерских изделий, стимулирует развитие новых направлений улучшения их сенсорных, текстурных и питательных свойств. Кондитерские изделия являются популярным десертным продуктом, ежегодные объемы потребления которого в РФ имеют тенденцию к росту [Верховых, 2024.]. Ввиду высокой калорийности кондитерских изделий перспективным направлением расширения их ассортимента является повышение их пищевой ценности за счет введения в рецептуру нетрадиционного биологически активного растительного сырья.

На территории Калининградской области, особенно вдоль побережья Балтийского моря, повсеместно произрастает облепиха крушиновидная (*Hippophae rhamnoides* L.), которая представляет собой кустарник, принадлежащий к семейству лоховых.

Плоды облепихи (*Hippophae rhamnoides* L.) богаты биологически активными веществами (БАВ), такими как антиоксиданты, фенольные соединения, L-аскор-

биновая кислота, флавоноиды, каротины, эфирные масла, витамины, аминокислоты, минеральные вещества и т. д. При получении сока из плодов *Hippophae rhamnoides* L. остается большое количество вторичных продуктов их переработки – мезги, которая представляет интерес с точки зрения богатого химического состава и рационального ее использования в технологиях пищевых производств [Курочкин, Чернопазова, 2022; Бурмистрова и др., 2021].

Шоколад и шоколадные изделия являются высококалорийным продуктом, рецептурными компонентами которого являются какао-масло, молоко или молочные продукты и сахар. Шоколад содержит не менее 20% какао-масла и не менее 14% сухих веществ молока. В связи с низкой пищевой ценностью шоколада перспективным направлением является использование в рецептуре изделий нетрадиционного сырья, содержащего биологически активные вещества (БАВ) [Багаутдинов, Ирбулатов, 2021].

Цель работы – исследовать возможность использования фитопорошков, полученных после отжима сока ягод *Hippophae*

ramnoides L., в технологии получения молочного шоколада повышенной пищевой ценности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В ходе проведения исследований для подтверждения повышения пищевой ценности образцов шоколада проводилась оценка реологических показателей и содержания некоторых БАВ.

Образцы молочного шоколада готовились по классической рецептуре. Добавление измельченного фитопорошка плодов *Hipporhae rhamnoides* L. в количестве 5; 10 и 15% происходило на стадии темперирования шоколадной массы с целью создания условий для образования центров кристаллизации устойчивой формы какао-масла при постепенном снижении температур с 65 до 45°C в течение 40 мин.

Фитопорошки были получены путем измельчения до порошкообразного состояния мезги плодов *Hipporhae rhamnoides* L., высушенных конвективным способом при температуре 45–50°C. Содержание патогенной микрофлоры фитопорошков определяли стандартными методами в лаборатории микробиологии Калининградского государственного технического университета.

Для определения текстуры образцов шоколада использовался текстурометр Брукфильда СТ3. Для резки образцов использовался V-образный нож. Скорость перемещения во время введения в образец составляла 200 мм в минуту, что составляет 3,33 мм в секунду.

Общее содержание сухого вещества определялось методом высушивания при температуре 103–115°C до постоянного веса с принудительной воздушной сушкой.

Фитохимические вещества из образцов молочного шоколада с добавлением фитопорошка плодов *Hipporhae rhamnoides* L.

извлечены с использованием метода ультразвуковой экстракции.

Содержание азота определяли методом Кьельдаля. Количество белка рассчитывали путем умножения процентного содержания азота на коэффициент пересчета 6,25. Содержание сырого жира определялось методом Сокслета. Содержание каротиноидов (β -каротина и ликопина) определяли спектрофотометрическим методом, измеряя поглощение при 450; 470 и 503 нм. Для оценки минеральных компонентов использовали атомно-абсорбционную спектрометрию с системой пламенного распыления.

Экспериментальные исследования проводились в 5-кратной повторности с обработкой статистических результатов при помощи пакета прикладных программ Statistica 10.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно современным результатам исследований отечественных ученых продукты переработки плодов *Hipporhae rhamnoides* L., которые образуются после извлечения сока, содержат богатый химический состав, представленный комплексом БАВ, введение в рецептуру которых позволит повысить пищевую ценность продукта [Долженко и др., 2024, Верховых и др., 2024.].

Полученные нами фитопорошки перед введением в шоколадную массу были проанализированы на содержание патогенной микрофлоры согласно Техническому регламенту Таможенного Союза 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», результаты которого свидетельствуют об оптимальных значениях всех показателей (количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, бактерий группы кишечных палочек и т. д.), что подтверждает возможность их

использования в технологиях пищевых систем для обогащения БАВ.

Реологические свойства кондитерских изделий являются одним из индикаторов их качественных характеристик. Они влияют на сам технологический процесс получения шоколада, а именно стадии

смешивания, уваривания, введения добавок, темперирования и т. д.

В ходе проведения исследований был сделан анализ реологических показателей шоколадной массы с введением фитопорошков: твердости, когезии, липкости, величины общей энергии сдвига (рис. 1 и 2).

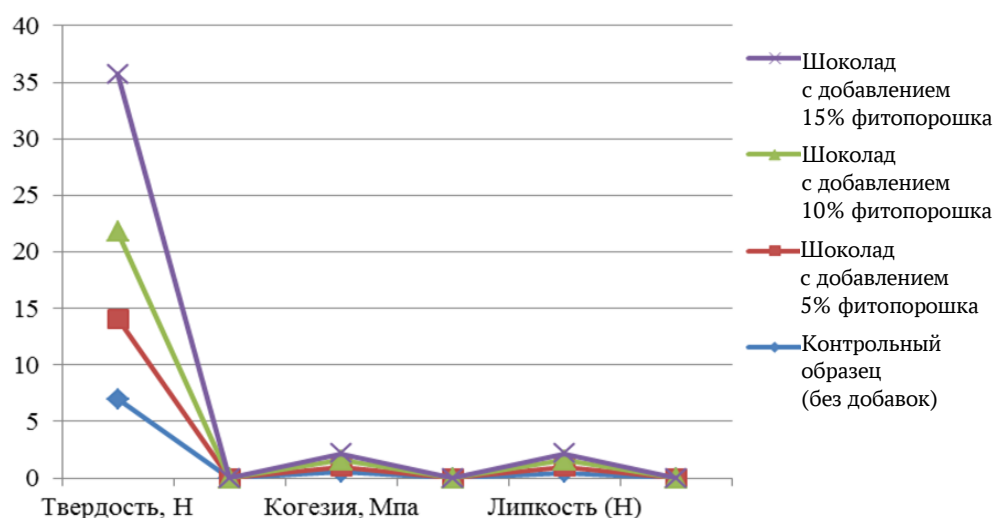


Рис. 1. Реологические характеристики молочного шоколада с добавлением фитопорошков плодов *H. rhamnoides* ($n = 5$, $M \pm n$)

Fig. 1. Rheological characteristics of milk chocolate with added *H. rhamnoides* fruit phytopowders ($n = 5$, $M \pm n$)

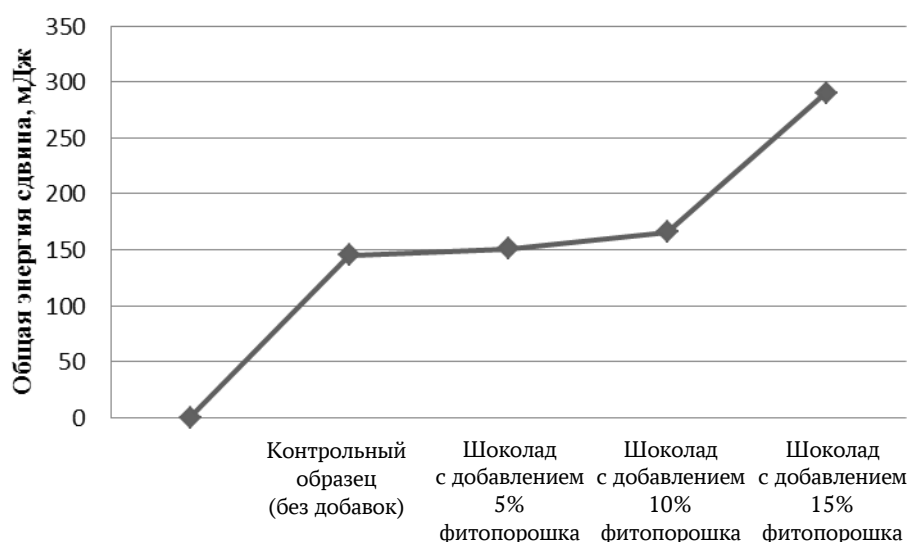


Рис. 2. Величина общей энергии сдвига в образцах молочного шоколада с добавлением фитопорошков плодов *H. rhamnoides* ($n = 5$, $M \pm n$)

Fig. 2. The value of the total shear energy in milk chocolate samples with the addition of *H. rhamnoides* fruit phytopowders ($n = 5$, $M \pm n$)

Как известно, в фитопорошке плодов *Hipporhae rhamnoides* присутствуют масла, которые представлены глицерином, олеиновой, линоленовой и др. кислотами, положительно влияющими на реологические свойства экспериментальных образцов [Сынгеева и др., 2023; Сапронова и др., 2024]. Так, например, твердость зависит от множества факторов: рецептуры, стабильности жиров и т. д. В какао-масле формы V триглицериды жира кристаллизуются в тройные цепи, демонстрируя гораздо большую термодинамическую стабильность, что свидетельствует о связи между твердостью шоколада и профилем жирных кислот. Данные рисунков 1 и 2 свидетельствуют о том, что увеличение дозировки фитопорошка плодов *Hipporhae rhamnoides* до 15% не оказывает существенного влияния на величину максимальной твердости, когезивности и липкости, однако величина общей энергии сдвига в образцах молочного шоколада имеет тенденцию к уве-

личению почти в два раза, что свидетельствует о положительной кинетики образования кристаллов жира и полиморфных превращениях силами сдвига ($\alpha \rightarrow \beta_2 \rightarrow \beta_1$).

Пищевая ценность образцов молочного шоколада с введением фитопорошков плодов *Hipporhae rhamnoides* представлена в таблице 1.

Максимальное содержание сухих веществ наблюдается в образце молочного шоколада с введением 15% фитопорошка плодов *Hipporhae rhamnoides*. Содержание белков, жиров и углеводов в экспериментальных образцах молочного шоколада существенно не отличалось, так как фитопорошок ягод *Hipporhae rhamnoides* преимущественно содержит БАВ, представленные минеральными компонентами, пищевыми волокнами и т. д.

На следующем этапе исследований был проведен анализ пищевой ценности образцов молочного шоколада, результаты которого представлены в таблице 2.

Таблица 1. Химический состав экспериментальных образцов молочного шоколада

Table 1. Chemical composition of experimental milk chocolate samples

Образец	Содержание сухих веществ, %	Белки, г	Жиры, г	Углеводы, г
Контрольный (без добавок)	93,2 ± 0,2	8,0 ± 0,2	32,2 ± 0,2	56,2 ± 0,2
Шоколад с добавлением 5% фитопорошка	96,4 ± 0,2	8,2 ± 0,4	31,8 ± 0,2	56,8 ± 0,2
Шоколад с добавлением 10% фитопорошка	98,4 ± 0,4	7,6 ± 0,4	32,0 ± 0,4	56,2 ± 0,2
Шоколад с добавлением 15% фитопорошка	99,2 ± 0,2	8,2 ± 0,4	31,6 ± 0,2	56,2 ± 0,2

Таблица 2. Содержание каротиноидов и полифенолов в экспериментальных образцах молочного шоколада

Table 2. Content of carotenoids and polyphenols in experimental milk chocolate samples

Образец	Общая сумма каротиноидов, мкг	β -каротин, мкг	Ликопин, мкг	Общая сумма полифенолов, мг/100 г
Контрольный (без добавок)	1,1 ± 0,2	0,8 ± 0,2	0,3 ± 0,1	56,2 ± 0,2
Шоколад с добавлением 5% фитопорошка	3,2 ± 0,2	2,2 ± 0,4	0,6 ± 0,2	56,8 ± 0,2
Шоколад с добавлением 10% фитопорошка	6,4 ± 0,4	3,6 ± 0,4	1,2 ± 0,4	62,2 ± 0,2
Шоколад с добавлением 15% фитопорошка	7,2 ± 0,2	4,2 ± 0,4	1,8 ± 0,2	63,2 ± 0,2

Экспериментальные образцы с введением 10 и 15% фитопорошков плодов *Hipporhae rhamnoides* содержат больше β -каротина и ликопина примерно в четыре раза. В этом отношении цвет плодов облепихи и продуктов их переработки отражает высокое содержание указанных БАВ, которые переходят в шоколад. В принципе, шоколад содержит некоторые полифенолы, которые содержатся в частицах какао, однако за счет добавления фитопорошка плодов *Hipporhae rhamnoides* их содержание увеличивается.

Минеральные вещества являются незаменимыми питательными веществами с различными необходимыми функциями, обеспечивающими важную метаболическую активность и поддержание организма человека [Фролова и др., 2024]. Результаты исследований минерального состава экспериментальных образцов с добавлением фитопорошка плодов *H. rhamnoides* представлены в таблице 3.

Полученные результаты таблицы 3 свидетельствуют о том, что содержание калия в экспериментальных образцах молочного шоколада снизилось при введении 15% фитопорошка плодов *Hipporhae rhamnoides*, а содержание магния, напротив, увеличилось. На содержание натрия в экспериментальных образцах введение фитопорошка плодов *Hipporhae rhamnoides* не повлияло.

Различные тенденции, наблюдаемые в содержании минеральных элементов при экспериментальных обработках, можно

объяснить законами адсорбции и катионного обмена. В этом отношении двухвалентные катионы, такие как Ca^{2+} и Mg^{2+} , удерживаются сильнее, чем одновалентный катион K^{+} , поскольку они имеют как меньший луч, так и меньшую степень гидратации с соответствующим более высоким электростатическим полем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведения исследований возможности использования фитопорошка плодов *Hipporhae rhamnoides* было установлено, что увеличение дозировки фитопорошка плодов *Hipporhae rhamnoides* до 15% привело к повышению значений анализируемых реологических характеристик, т. е. максимальной твердости, общей энергии сдвига, когезивности и липкости. Максимальное содержание сухих веществ наблюдается в образце молочного шоколада с введением 15% фитопорошка плодов *Hipporhae rhamnoides*. Содержание белков, жиров и углеводов в экспериментальных образцах молочного шоколада существенно не отличалось, так как фитопорошок ягод *Hipporhae rhamnoides* преимущественно содержит БАВ, представленные пищевыми волокнами, некоторыми минеральными элементами, витаминами и т. д. Экспериментальные образцы с введением 10 и 15% фитопорошков плодов *Hipporhae rhamnoides* содержат больше β -каротина и ликопина примерно в четыре раза, чем другие образцы.

Таблица 3. Минеральный состав шоколада с добавлением побочных продуктов *H. rhamnoides*, мг/100 г

Table 3. Mineral content of chocolate with added by-products of *H. rhamnoides*, mg/100 g

Образец	K	Mg	Na	P
Контрольный (без добавок)	320 ± 4	112 ± 2	21 ± 2	38 ± 2
Шоколад с добавлением 5% фитопорошка	318 ± 2	120 ± 4	22 ± 2	58 ± 2

Окончание табл. 3

The end of the Table 3

Образец	K	Mg	Na	P
Шоколад с добавлением 10% фитопорошка	315 ± 3	131 ± 2	22 ± 2	56 ± 2
Шоколад с добавлением 15% фитопорошка	305 ± 3	138 ± 4	22 ± 2	56 ± 2

ЛИТЕРАТУРА

Верховых Е.А. 2024. Разработка технологии желейных конфет из облепихи для здорового питания. *Наука и Образование*. Т. 7. № 2.

Курочкин А.А., Чернопазова С.В. 2022. Обоснование технологии экструдирования семян облепихи. *Инновационная техника и технология*. Т. 9. № 1. С. 10–14.

Бурмистрова О.М., Бурмистров Е.А., Наумова Л.Н. 2021. Качество и пищевая ценность порошка из сублимированной облепихи. *Инновации и продовольственная безопасность*. № 2 (32). С. 7–14.

Багаутдинов И.И., Ирбулатов С.С. 2021. Возможность применения облепихи в производстве специализированных продуктов питания. *Российский электронный научный журнал*. № 3 (41). С. 24–28.

Долженко А.Я., Зубарев Ю.А., Гунин А.В. 2024. Жирнокислотный состав масла плодовой мякоти и семян облепихи алтайской селекции. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет)*. № 1 (70). С. 51–58.

Верховых Е.А., Блинникова О.М., Ильинский А.С. 2024. Биохимическая оценка различных сортов облепихи как ценнейшего источника биологически активных веществ. *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания*. № 1. С. 30–35.

Сапронова Е.В., Брыксина К.В., Перфилова О.В. 2024. Влияние внесения порошка облепихи на физико-химические и органолептические свойства нового вида хлеба. *Наука и Образование*. Т. 7. № 2.

Сынгеева Э.В., Ламажапова Г.П., Шенаршеева А.А., Ламаханова Б.Ж. 2023. Определение биологически активных веществ в водно-спиртовых экстрактах из листьев облепихи и смородины. *Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления (Вестник ВСГУТУ)*. № 3 (90). С. 44–51.

Фролова Н.А., Верхотуров В.В., Шкрабтак Н.В. 2024. Анализ биологически активных веществ плодов *Hipporhae rhamnoides*. *Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления (Вестник ВСГУТУ)*. № 4 (95). С. 36–42.

REFERENCES

Verkhovyykh E.A. 2024. Development of technology for sea buckthorn jelly candies for healthy eating. *Nauka i Obrazovanie (Science and Education)*. Т. 7. № 2 (in Russian).

Kurochkin A.A., Chernopazova S.V. 2022. Justification of sea buckthorn seed extrusion technology. *Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya (Innovative Machinery & Technology)*. Vol. 9. №. 1. P. 10–14 (in Russian).

- Burmistrova O.M., Burmistrov E.A., Naumova L.N. 2021. Quality and nutritional value of freeze-dried sea buckthorn powder. *Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost' (Innovation and Food Security)*. № 2(32). P. 7–14 (in Russian).
- Bagautdinov I.I., Irbulatov S.S. 2021. Possibility of using sea buckthorn in the production of specialized food products. *Rossiyskiy elektronnyy nauchnyy zhurnal (Russian Electronic Scientific Journal)*. № 3(41). P. 24–28 (in Russian).
- Dolzhenko A.Ya., Zubarev Yu. A., Gunin A.V. 2024. Fatty acid composition of oil of fruit pulp and seeds of sea buckthorn of Altai selection. *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet) (Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University))*. № 1(70). P. 51–58 (in Russian).
- Verkhovnykh E.A., Blinnikova O.M., Ilyinsky A.S. 2024. Biochemical assessment of different varieties of sea buckthorn as the most valuable source of biologically active substances. *Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya (Technologies of the Food and Processing Industry of AIC – Healthy Food)*. № 1. P. 30–35 (in Russian).
- Sapronova E.V., Bryksina K.V., Perfilova O.V. 2024. Effect of adding sea buckthorn powder on the physicochemical and organoleptic properties of a new type of bread. *Nauka i Obrazovanie (Science and Education)*. Vol. 7. № 2 (in Russian).
- Syngeeva E.V., Lamazhapova G.P., Shenarsheeva A.A., Lamakhanova B.Zh. 2023. Determination of biologically active substances in aqueous-alcoholic extracts from sea buckthorn and currant leaves. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologiy i upravleniya (Vestnik VSGUTU) (Bulletin of the East Siberian State University of Technology and Management (Vestnik VSGUTU))*. № 3(90). P. 44–51 (in Russian).
- Frolova N.A., Verkhoturov V.V., Shkrabtak N.V. 2024. Analysis of biologically active substances of *Hippophae rhamnoides* fruits. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologiy i upravleniya (Vestnik VSGUTU) (Bulletin of the East Siberian State University of Technology and Management (Vestnik VSGUTU))*. № 4(95). P. 36–42 (in Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Фролова Нина Анатольевна – Калининградский государственный технический университет; 236039, Россия, Калининград; доктор технических наук, доцент, профессор кафедры инжиниринга технологического оборудования; nina.frolova@klgtu.ru. SPIN-код: 7092-6913, Author ID: 967939.

Frolova Nina Anatolyevna – Kaliningrad State Technical University; 236039, Russia, Kaliningrad; Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Technological Equipment Engineering; nina.frolova@klgtu.ru. SPIN-code: 7092-6913, Author ID: 967939.

Верхотуров Василий Владимирович – Калининградский государственный технический университет; 236039, Россия, Калининград; доктор биологических наук, доцент, директор института агроинженерии и пищевых систем; vasilij.verkhoturov@klgtu.ru. SPIN-код: 2947-5104, Author ID: 287647.

Verkhoturov Vasily Vladimirovich – Kaliningrad State Technical University; 236039, Russia, Kaliningrad; Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Agroengineering and Food Systems; vasilij.verkhoturov@klgtu.ru. SPIN-code: 2947-5104, Author ID: 287647.

Шкрабтак Наталья Викторовна – Амурский государственный университет; 675027, Россия, Благовещенск; доктор технических наук, доцент, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности; mmip2013@mail.ru. SPIN-код: 8249-8068, Author ID: 571341.

Shkrabtak Natalia Viktorovna – Amur State University; 675027, Russia, Blagoveshchensk; Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Life Safety; mmip2013@mail.ru. SPIN-code: 8249-8068, Author ID: 571341.

Гринчук Мария Алексеевна – Калининградский государственный технический университет; 236039, Россия, Калининград; соискатель кафедры инжиниринга технологического оборудования; mariya.grinchuk@klgtu.ru. SPIN-код: 3625-3788, Author ID: 1101621.

Grinchuk Maria Alekseevna – Kaliningrad State Technical University; 236039, Russia, Kaliningrad; candidate for the Department of Technological Equipment Engineering; mariya.grinchuk@klgtu.ru. SPIN-code: 3625-3788, Author ID: 1101621.

Веремей Елена Евгеньевна – Калининградский государственный технический университет; 236039, Россия, Калининград; старший преподаватель кафедры инжиниринга технологического оборудования; elena.kerevichene@klgtu.ru. SPIN-код: 9713-9946, Author ID: 1082948.

Veremey Elena Evgenievna – Kaliningrad State Technical University; 236039, Russia, Kaliningra.; Senior Lecturer of the Department of Technological Equipment Engineering; elena.kerevichene@klgtu.ru. SPIN-code: 9713-9946, Author ID: 1082948.

Статья поступила в редакцию 28.07.2025; одобрена после рецензирования 19.09.2025; статья принята к публикации 22.09.2025.

The article was submitted 28.07.2025; approved after reviewing 19.09.2025; accepted for publication 22.09.2025.

Для цитирования: Фролова Н.А., Верхотуров В.В., Шкрабтак Н.В., Гринчук М.А., Веремей Е.Е. 2025. Использование фитопорошка ягод *Hippophae rhamnoides* L. в технологии кондитерских изделий повышенной пищевой ценности. Вестник Камчатского государственного технического университета. Вып. 73. С. 28–36. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2025-73-28-36>.

For citation: Frolova N.A., Verkhoturov V.V., Shkrabtak N.V., Grinchuk M.A., Veremey E.E. 2025. Use of phytopowder from *Hippophae rhamnoides* L. berries in the technology of confectionery products with high nutritional value. Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University). Iss. 73. P. 28–36 (in Russian). <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2025-73-28-36>.

Обзорная статья

УДК 591.9 (571.66)

DOI: 10.17217/2079-0333-2025-73-37-53

ИНВАЗИВНЫЕ ГИДРОБИОНТЫ В ВОДАХ КАМЧАТКИ

Токранов А.М.

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

На основании обобщения собственных материалов и имеющихся на сегодняшний день литературных данных рассматривается появление в конце XX – начале XXI веков в водах Камчатки четырех инвазивных видов гидробионтов – сибирского усатого гольца *Barbatula toni*, озерной *Pelophylax ridibundus*, травяной *Rana temporaria* лягушек и приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis*. Значительно изменив с помощью человека естественные границы своего географического распространения, эти виды гидробионтов в настоящее время образовали во внутренних водоемах и прибрежных водах Камчатки самовоспроизводящиеся популяционные группировки и вошли в состав фауны Камчатского края.

Ключевые слова: воды Камчатки, инвазивные гидробионты, озерная и травяная лягушки, приморский гребешок, сибирский усатый голец.

Review article

INVASIVE HYDROBIONTS IN THE WATERS OF KAMCHATKA

Tokranov A.M.

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

Based on a summary of the own materials and the available literature data, the appearance of four invasive species of aquatic organisms in the waters of Kamchatka at the end of the XX – early of the XXI centuries – the Siberian stone loach *Barbatula toni*, the marsh frog *Pelophylax ridibundus*, the grass frog *Rana temporaria*, and the Yesso scallop *Mizuhopecten yessoensis* – is considered. Having significantly changed with the help of a human the natural boundaries of their geographic distribution, its species have now formed self-reproducing population groups here and have become part of the fauna of the Kamchatka region.

Key words: waters of Kamchatka region, invasive hydrobionts, marsh and grass frogs, Yesso scallop, Siberian stone loach.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия, как считают экологи, одной из наиболее актуальных экологических проблем становится про-

никновение или занос в результате антропогенной деятельности инвазивных представителей флоры и фауны в регионы, где они ранее никогда не встречались в естественных условиях [Адрианов, Тарасов, 2007].

Причем многих из них люди перемещают совершенно случайно, перевозя вместе с лесом грибы или жуков-древоточцев; а с балластными водами – икру и личинок рыб, гребневииков и другие планктонные организмы [Звягинцев, 2007].

Во второй половине XX в. в некоторых регионах появились вселенцы, оказавшие огромное негативное воздействие на представителей местной флоры и фауны, порой становясь причиной экологических катастроф. Одной из самых известных из них в нашей стране, пожалуй, являются последствия проникновения в начале 1980-х годов в Азово-Черноморский морской бассейн с балластными водами судов из Северной Америки гребневика мнемнопсиса *Mnemiopsis leidyi*. Он быстро адаптировался к новым условиям, резко увеличил свою численность и вскоре подрвал запасы планктонных ракообразных – основного корма таких важных объектов промысла, как тюлька и хамса, играющих, в свою очередь, существенную роль в питании животных-ихтиофагов, в том числе осетровых рыб. В итоге уловы этих промысловых объектов сократились в десятки раз, в связи с чем ежегодные экономические потери в 1980-е – 1990-е годы, по оценке экологов, составили около 240 млн долларов США [Звягинцев, 2007].

Судя по имеющимся данным, до начала прошлого века какие-либо вселенцы в водоемах и прибрежных водах Камчатки отсутствовали, что, очевидно, обусловлено ее значительной удаленностью и изолированностью от материкового побережья Северо-Восточной Азии. Однако с 1930 г. чужеродные виды гидробионтов начали появляться и здесь в связи с попытками пополнить состав пресноводной ихтиофауны Камчатки путем интродукции разных видов рыб, которые могли бы создать в водоемах полуострова самовоспроизво-

дящиеся популяционные группировки и стать в дальнейшем объектами промысла [Кузнецов, 1931; Лагунов, 1939, Куренков, 1954, 1958, 1977; Андреева, 1955; Куренков, Моисеев, 1977; Шейко, Федоров, 2000; Бугаев и др., 2006, 2007; Токранов, 2004, 2008]. Одни из них завершились успешно (интродукция серебряного карася и амурского сазана), другие – безуспешно (попытки вселения обской стерляди и так называемых растительноядных рыб).

Однако, помимо целенаправленной интродукции рыб, рассматриваемых как будущие промысловые объекты, не избежали водоемы Камчатки и случайного вселения инвазивных видов гидробионтов. Наиболее известными, а скорее всего, просто достаточно крупными и потому чаще других попадающими на глаза людям, среди них являются сибирский усатый голец *Barbatula toni* (Dybowski, 1869), озерная *Pelophylax ridibundus* Pallas, 1771 и травяная *Rana temporaria* Linne, 1758 лягушки, а также приморский гребешок *Mizuhopecten yessoensis* (Jay, 1856) [Токранов, Данилин, 2022] (рис. 1). Цель настоящего исследования – на основании обобщения собственных данных по сибирскому усатому гольцу и имеющейся на сегодняшний день в литературе информации по трем остальным инвазивным в водах Камчатки видам гидробионтов получить представление об их современном распространении и встречаемости в Камчатском крае.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для настоящей публикации послужило обобщение имеющихся в распоряжении автора материалов по встречаемости и биологии сибирского усатого гольца *Barbatula toni* на Камчатке [Токранов, 2001, 2004, 2005, 2006, 2013, 2015; Токранов, Бонк, 2015] (первичные

данные по нему обработаны стандартными ихтиологическими, трофологическими и статистическими методами) и опубликованной на сегодняшний день информации [Шейко, Никаноров, 2000; Шейко, Федоров, 2000; Бугаев и др., 2006, 2007; Бухалова, Велигура, 2007; Есина, 2008; Белюсова, 2013; Ляпков, 2014а, б, 2016а, б, 2017, 2018, 2020, 2021, 2022а,б; Лобанова, 2016; Данилин, 2019; Токранов, Данилин, 2022] о появлении в конце XX – начале XXI веков во внутренних водоемах и прибрежных водах Камчатки еще трех видов инвазивных гидробионтов: озерной *Pelo-*

phylax ridibundus и травяной *Rana temporaria* лягушек, а также приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* – из других регионов. Значительно изменив с помощью человека естественные границы своего географического распространения, все они успешно акклиматизировались, сформировали самовоспроизводящиеся популяционные группировки и в настоящее время вошли в состав фауны Камчатского края. Обобщение этой информации позволяет получить представление о современной встречаемости и воспроизводстве этих животных в водах Камчатки.

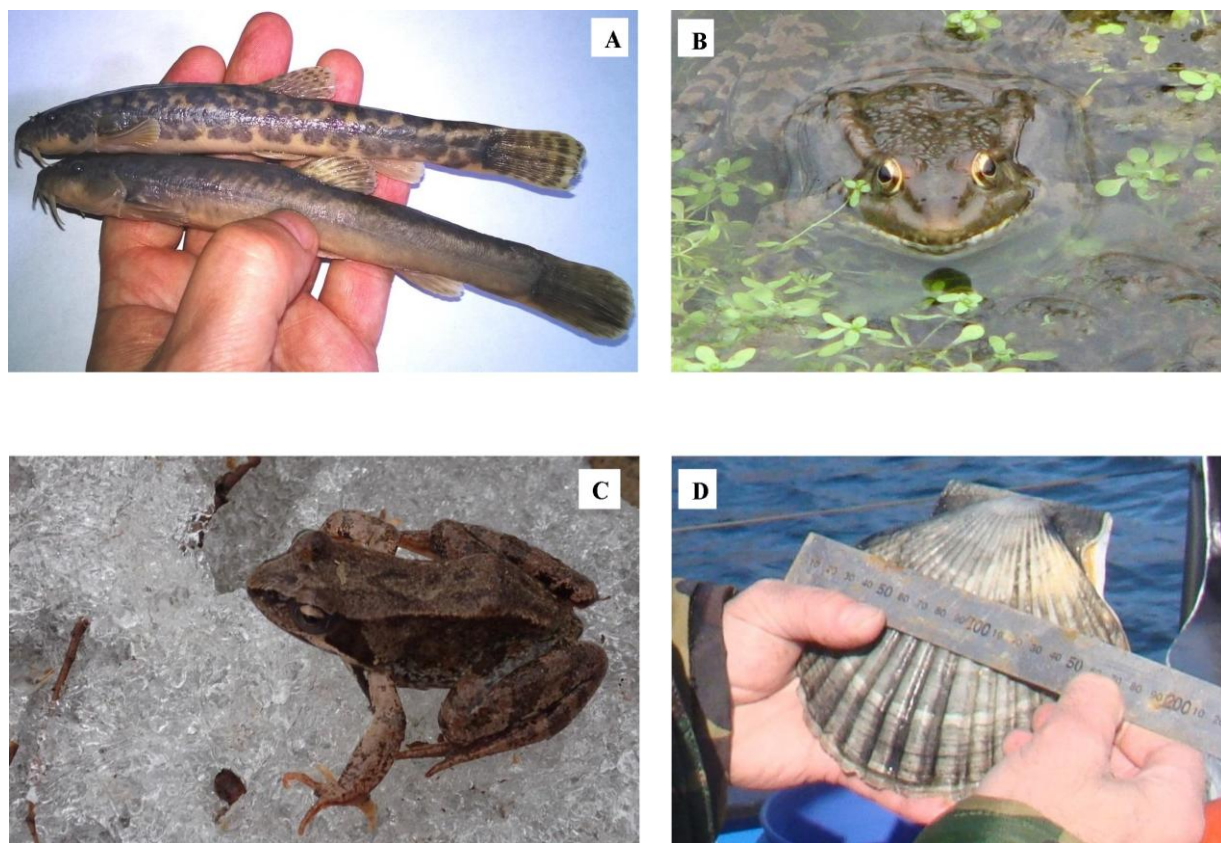


Рис. 1. Инвазивные виды гидробионтов, появившиеся в водах Камчатки в конце XX – начале XXI веков: А – сибирский усатый голец (фото автора), В – озерная лягушка (фото В.Е. Кириченко), С – травяная лягушка (фото О.А. Черныгиной), D – приморский гребешок (фото из архива Д.Д. Данилина)

Fig. 1. Invasive species of hydrobiotics that appeared in the waters of Kamchatka at the end of the XX – early of the XXI centuries: A – Siberian stone loach (photo by the author), B – marsh frog (photo by V.E. Kirichenko), C – grass frog (photo by O.A. Chernyaginoy), D – Yesso scallop (photo from the archive of D.D. Danilin)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сибирский усатый голец. Будучи типично пресноводным представителем ихтиофауны, этот вид рыб, максимальная длина которого в различных регионах достигает 18–21 см, широко распространен в водоемах Сибири и Дальнего Востока, включая бассейн Амура, реки Приморья, Сахалина и центральной части охотского побережья [Аннотированный каталог..., 1998]. Его мелкая и клейкая икра, вероятно, оказалась случайно завезенной на полуостров при акклиматизации здесь амурского сазана в 50-х – 60-х годах прошлого века. Впервые крупная особь усатого гольца была поймана на удочку в р. Камчатке одним из жителей пос. Ключи в самом конце XX в. [Токранов, 2001]. Однако, по устному сообщению местных рыбаков, по-

ходя на него рыба попадалась им до этого в 1998–1999 гг. еще несколько раз как в самой р. Камчатке в окрестностях пос. Ключи, так и в одном из ее близко расположенных крупных притоков – р. Еловке. После того, как в августе 2002 г. в находящемся сравнительно недалеко от пос. Ключи пойменном оз. Куражечном во время проведения контрольных обловов молоди лососей в мальковом неводе было обнаружено сразу более десятка экземпляров сибирского усатого гольца размером от 70 до 130 мм, стало окончательно ясно, что в бассейне р. Камчатки появился новый представитель пресноводных рыб [Токранов, 2005, 2006]. Это полностью подтвердили результаты полевых работ следующего, 2003 г., когда в августе – сентябре здесь же удалось выловить уже 90 его особей длиной 42–130 мм (рис. 2).



Рис. 2. Особи сибирского усатого гольца, выловленные мальковым неводом в оз. Куражечном в сентябре 2003 г. (фото автора)

Fig. 2. Individuals of Siberian stone loach caught by a fry seine in the Kurazhechnoe Lake in September 2003 (photo by the author)

В дальнейшем данный вид зарегистрирован в уловах не только в оз. Куражечном, но как выше, так и ниже его по течению р. Камчатки от пос. Долиновка, где один его экземпляр попался рыбакам в вентерь, до расположенного в нижнем течении р. Камчатки оз. Азабачьего, где еще два сибирских усатых гольца было поймано на удочку в протоке, соединяющей озеро с основным руслом этой реки [Токранов, 2006]. Нахождение в после-

дующие годы взрослых особей сибирского усатого гольца на расстоянии почти на 100–200 км выше (вблизи пос. Долиновка, в пойменном озере р. Кирганик и в оз. Двухюрточном) или более чем на 50 км ниже (как в протоке, так и в самом оз. Азабачьем) по течению р. Камчатки от окрестностей пос. Ключи, наглядно свидетельствует, что численность этого вселенца в бассейне реки стала расти, а сам он начал активно расселяться (рис. 3).

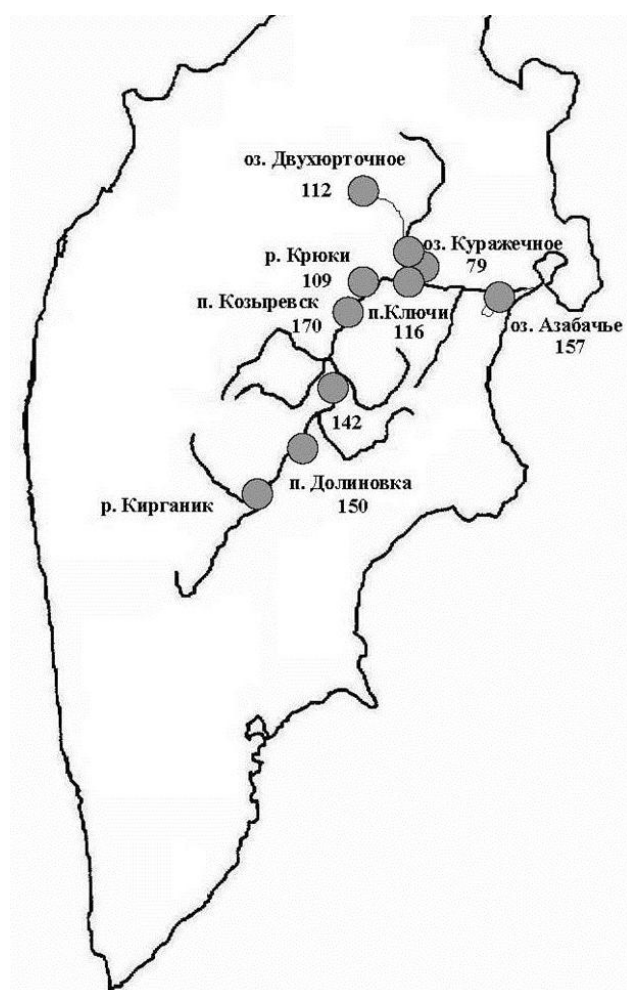


Рис. 3. Распространение сибирского усатого гольца в бассейне р. Камчатки по данным 1998–2015 гг. (кружками отмечены места поймок его особей, цифрами – их средние размеры, мм)

Fig. 3. Distribution of the Siberian stone loach in the Kamchatka River basin according to data from 1998–2015 (circles indicate the locations where individuals were caught, and numbers indicate their average size, mm)

Учитывая стабильное воспроизводство сибирского усатого гольца, автором данной публикации еще в 2006 г. высказывалось предположение [Токранов, 2006], что в последующем вполне вероятно не только увеличение его численности в самой р. Камчатке вблизи пос. Ключи, но также дальнейшее распространение в ее бассейне и проникновение (в том числе с помощью человека) в близлежащие речные системы полуострова. Поскольку последние достоверные случаи поимок сибирского усатого гольца датированы 2015 г. (для этого вида характерна удлинённая форма тела, небольшие размеры, активен он преимущественно в темное время суток, поскольку днем обычно прячется в укрытиях, а потому в большинство используемых орудий лова, за исключением малькового невода, попадает единично и довольно редко), вполне вероятно, что в настоящее время численность данного инвазивного вида рыб в бассейне р. Камчатки увеличилась, а область распространения еще более расширилась. Для получения достоверной информации о современной численности, распространении и встречаемости сибирского усатого гольца в бассейне р. Камчатки и, возможно, в соседних речных системах необходимо выполнение специальных исследований.

Озерная лягушка. Этот представитель бесхвостых земноводных традиционно населял обширную территорию от Франции на западе до Восточного Казахстана и от Памира на юге до побережья Балтийского моря на севере [Кузьмин, 2012]. Однако, с начала XX в. озерная лягушка в результате преднамеренного или случайного переноса ее отдельных особей за пределы естественного ареала стала активно расселяться, в том числе продвигаясь на восток. В 1910 г. она появилась в окрестностях Томска, в 1960-е годы –

в районе Новосибирска. Последующее распространение этой лягушки, как считают экологи, связано, в первую очередь, с искусственным завозом вместе с мальками рыб, мелиорацией и сбросом теплых вод в некоторые водоемы [Кузьмин, 2012]. Поэтому к началу 80-х годов прошлого века она проникла на восток до Якутска.

Согласно имеющимся данным, в течение XX в. жители Камчатки, возвращаясь из отпусков, неоднократно привозили озерных лягушек из европейской части России на полуостров и выпускали их в водоемы вблизи Петропавловска-Камчатского [Шейко, Никаноров, 2000]. Но из-за достаточно суровых климатических условий они здесь долгое время не могли прижиться. В конце концов какой-то части лягушек в 1990-е годы все-таки удалось адаптироваться к камчатскому климату и выжить на том участке Халактырского озера, куда поступают теплые воды с ТЭЦ-2 [Шейко, Никаноров, 2000]. В настоящее время озерная лягушка достигает здесь довольно высокой численности, размножается и успешно зимует [Ляпков, 2014а, б]. Очевидно, более высокие значения температуры воды в этом водоеме позволили озерным лягушкам приспособиться к местным условиям и образовать к началу XXI в. на Камчатке первую самую восточную популяцию данного вида.

Сегодня, спустя два с лишним десятилетия, озерная лягушка, очевидно, в значительной степени адаптировалась к камчатским природным условиям и за это время с помощью человека постепенно расселилась и продолжает расселяться по территории Камчатского края. На сегодняшний день ее можно встретить не только в Халактырском озере и связанных с ним ручьях и речках [Шейко, Никаноров, 2000; Есина, 2008; Белоусова, 2013]. В 2005 г. она впервые была обнаружена в Паратун-

ской долине, где живет и успешно размножается в небольших проточных водоемах, подогреваемых термальной водой [Бухалова, Велигура, 2007]. Есть сведения о встречах озерной лягушки вблизи пос. Раздольного. Согласно имеющимся данным, самовоспроизводящиеся группировки озерной лягушки в последние годы появились в водоемах у поселков Малки, Эссо и Анавгай. В 2012 г. озерные лягушки были впервые обнаружены в районе Мутновской ГеоТЭС в одном из небольших озер, расположенном на высоте около 800 м н. у. м. (рис. 4) [Ляпков, 2014а, б]. Вне всякого сомнения, в настоящее время распространение озерных лягушек по территории Камчатского края происходит только благодаря человеку, а их самовоспроизводящиеся популяционные группировки приурочены к обогреваемым водоемам. Однако при увеличении численности этих земноводных и их адаптации к камчатским условиям обитания в дальнейшем вполне возможно ожидать и самостоятельного расселения данного вида по Камчатке.

Травяная лягушка. В 2015 г. стало известно о появлении на Камчатке второго представителя бесхвостых земноводных – травяной лягушки. Этот вид – одна из самых распространенных лягушек в Европе, ареал которой простирается от Британских островов до Урала и Западной Сибири. На севере она встречается вплоть до Скандинавии и Кольского полуострова [Кузьмин, 2012]. Согласно имеющимся в литературе данным [Ляпков, 2016б, 2018, 2021], весной 2005 г. 150 ее неполовозрелых особей было завезено из Московской области одним из любителей-рыболовов, приехавших на Камчатку на отдых на частную базу для охоты и рыбалки, расположенную в южной части полуострова в среднем течении р. Голыгиной. В этом месте имеются выходы термальных источников, которые

обеспечивают слабый подогрев мелких пойменных водоемов. Через год после появления на Камчатке часть привезенных особей травяной лягушки достигла половой зрелости и приступила к размножению в подогреваемой термальными водами луже. К 2010 г. ее кладки были отмечены уже во многих водоемах вблизи базы. В 2015 г. численность только самок травяной лягушки в среднем течении р. Голыгиной, по имеющимся в литературе данным, составляла свыше 2,6 тыс. экз. [Ляпков, 2018, 2021]. Столь успешная интродукция этого представителя бесхвостых земноводных за счет разового выпуска небольшого количества особей выявлена впервые и, по всей вероятности, связана с наличием подогреваемого водоема, облегчившего «первопоселенцам» переход к более суровым, по сравнению с Московской областью, условиям обитания.

До недавнего времени район вблизи частной базы для охоты и рыбалки на р. Голыгиной считался единственным, достоверно известным местообитанием травяной лягушки на Камчатке (рис. 4). Но при увеличении ее численности в дальнейшем, неизбежно, следовало ожидать самостоятельного расселения этого вида бесхвостых земноводных как в бассейне самой р. Голыгиной, так и его распространения с помощью человека в другие водоемы полуострова. Согласно имеющимся на сегодняшний день данным, в 2015 г. около сотни юных особей травяной лягушки, рожденных уже на Камчатке, было завезено из бассейна р. Голыгиной в район пос. Эссо и выпущено в подогреваемые термальными источниками водоемы. Вероятно, сегодня и там формируется (или даже сформировалась) своя самовоспроизводящаяся популяционная группировка травяной лягушки, особей которой уже не раз здесь отмечали и фотографировали исследователи и натуралисты [<https://www.inaturalist.org/taxa/>

25591-Rana-temporaria] вместе с обитающей там озерной лягушкой. Есть также информация о нахождении единичных особей травяной лягушки в 2023 г. у вертолетной площадки в Паратунке.

Приморский гребешок. Наряду с появлением и образованием самовоспроизводящихся популяционных группировок инвазивных гидробионтов во внутренних водоемах Камчатки в настоящее время

известен единственный достоверный факт случайного заноса в одну из бухт Авачинского залива (Юго-Восточная Камчатка) – Бечевинскую (рис. 4), такого представителя двустворчатых моллюсков, как приморский гребешок, который там успешно акклиматизировался и образовал самовоспроизводящуюся, хотя и немногочисленную, популяционную группировку [Данилин, 2019; Токранов, Данилин, 2022].

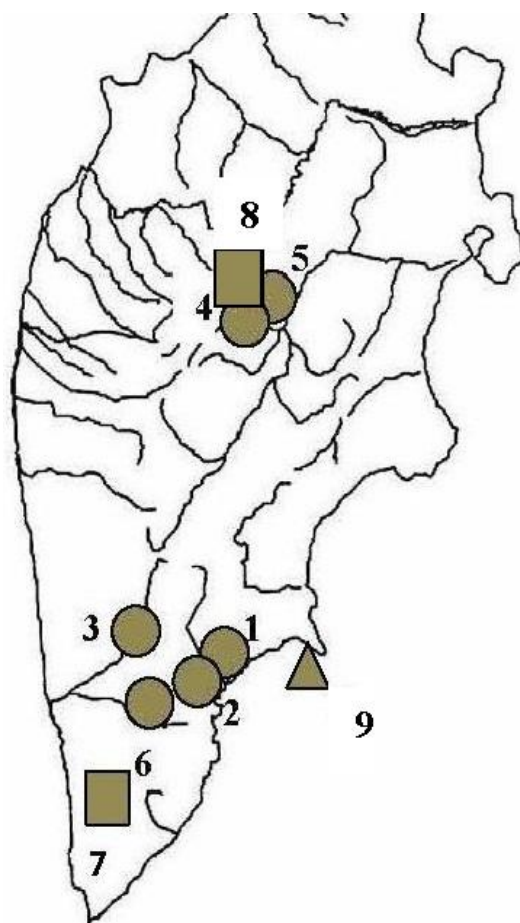


Рис. 4. Достоверно известные в настоящее время места нахождения самовоспроизводящихся группировок озерной лягушки (1 – Халактырское озеро, 2 – водоемы долины р. Паратунки, 3 – водоемы у пос. Малки, 4 – водоемы у пос. Эссо, 5 – водоемы у пос. Анавгай, 6 – озеро в районе Мутновской ГеоТЭС), травяной лягушки (7 – водоемы в бассейне р. Голыгиной, 8 – водоемы у пос. Эссо) и приморского гребешка (9) в Камчатском крае

Fig. 4. The locations of self-reproducing groups of marsh frogs that are reliably known at the present time (1 – Khalaktyrskoe Lake, 2 – reservoirs at the valley of the Paratunka River, 3 – reservoirs near the village of Malki, 4 – reservoirs near the village of Esso, 5 – reservoirs near the village of Anavgai, 6 – a lake in the area of the Mutnovskaya geothermal power plant), grass frog (7 – reservoirs in Goligina River basin, 8 – reservoirs near the village of Esso) and Yesso scallop (9) in the Kamchatsky krai

По современным представлениям, северной границей естественного ареала этого вида двустворчатых моллюсков является залив Терпения на восточном побережье Сахалина и прибрежные воды южной части острова Итуруп [Евсеев, Яковлев, 2006]. До середины 1990-х годов бух. Бечевинская была закрыта для посещения, поскольку в ней располагалась база дизельных подводных лодок. После того, как военные суда покинули эту бухту, в конце 2000-х годов появилась первая информация от периодически посещавших ее туристов и дайверов о находках там взрослых особей приморского гребешка. Однако все еще оставалось сомнение, что это стабильное поселение данного гребешка, а не периодический занос его молоди военными судами, прибывавшими сюда ранее из Приморья. В августе 2019 г., благодаря

тому, что с помощью водолазов удалось выполнить довольно обстоятельное гидро-биологическое обследование акватории бух. Бечевинской, на глубинах от 8 до 25 м, на галечно-илистых грунтах здесь были обнаружены взрослые особи приморского гребешка с длиной раковины от 100 до 174 мм, масса наиболее крупных экземпляров которого достигала 752 г [Данилин, 2019]. В местах их обитания температура воды составляла 14°C и более, что является достаточно комфортными условиями для существования приморского гребешка. В ходе дальнейших обследований бух. Бечевинской удалось обнаружить также мелких особей (до 60 мм) (рис. 5) и молодь (менее 5 мм) приморского гребешка, что наглядно свидетельствовало о возникновении здесь самовоспроизводящейся популяционной группировки этого вида.

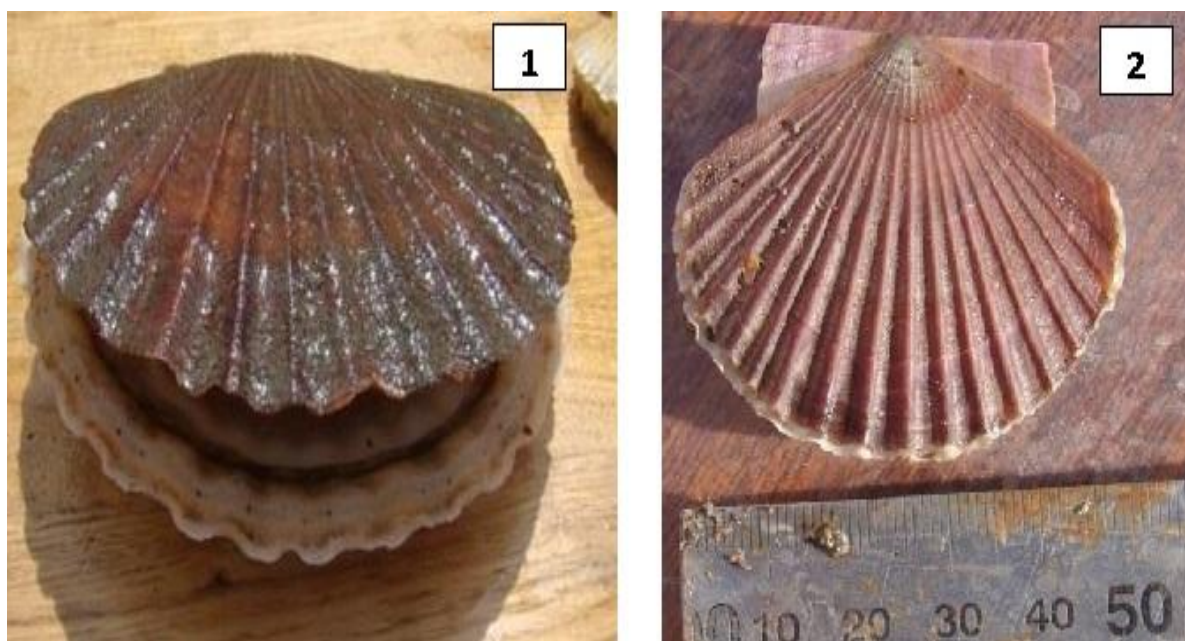


Рис. 5. Взрослая (1) и молодая (2) особи приморского гребешка из бухты Бечевинской (август 2019 г., фото из архива Д.Д. Данилина)

Fig. 5. Adult (1) and juvenile (2) Yesso scallops from Bechevinskaya Bay (August 2019, photo from the archive of D.D. Danilin)

Поскольку прошло уже более четверти века с того момента, когда военные суда покинули бух. Бечевинскую, и свыше двух десятилетий с тех пор, как ее фарватер стал непроходим для крупнотоннажного флота (ранее его регулярно расчищали земснарядом), до начала 2020-х годов можно было с уверенностью говорить о существовании в ней в настоящее время самостоятельной, совершенно изолированной популяционной группировки данного вида двустворчатых моллюсков [Токранов, Данилин, 2022]. Однако в связи с запланированным созданием в бух. Бечевинской терминала для перегрузки сжиженного газа, в начале 2020-х гг. там были выполнены работы по углублению дна с помощью земснаряда. По этой причине сказать, в каком состоянии находится здесь уникальная популяционная группировка приморского гребешка сегодня без проведения специальных обследований акватории бух. Бечевинской с помощью водолазов крайне сложно. Не исключено, что численность этого вида двустворчатых моллюсков в данной бухте в настоящее время резко сократилась или его популяционная группировка даже вообще находится на грани исчезновения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Появление в конце XX – начале XXI веков во внутренних водоемах и прибрежных водах Камчатки таких инвазивных видов гидробионтов, как сибирский усатый голец, озерная, травяная лягушки и приморский гребешок, наглядно свидетельствует о необходимости усиления санитарно-карантинного контроля за специальным или случайным завозом на территорию Камчатского края новых представителей животного и растительного мира. Как свидетельствует печальный опыт других регионов, вместе

с вселенцами, которые порой начинают играть роль хищников или пищевых конкурентов коренных обитателей, в лососевые водоемы полуострова могут быть занесены ранее не отмечавшиеся здесь паразитарные и инфекционные заболевания. Однако на сегодняшний день, к огромному сожалению, специальных исследований по оценке проникновения в водоемы Камчатского края инвазивных гидробионтов и других представителей флоры и фауны не ведется. Нет точных сведений и о фактическом распространении и современной численности в водоемах полуострова уже акклиматизировавшихся здесь сибирского усатого голца и двух видов лягушек. Вся имеющаяся в настоящее время информация о них попадает в руки ученых, как правило, случайно от любознательных рыбаков и жителей Камчатки (причем чаще всего в виде сделанных сотовым телефоном фотографий), интересующихся тем, кого они встретили во время своих путешествий по территории полуострова, а также кто им попался на удочку или в разные другие орудия лова. Однако в связи с развитием на Камчатке туризма и планируемой в перспективе транспортировкой сжиженного газа вполне возможно ожидать появления в водоемах Камчатского края и его прибрежных водах гораздо большего числа разнообразных вселенцев, которые неизбежно будут сюда заноситься с балластными водами и обростаниями на днищах судов, а также прибывающими на полуостров туристами. Такие вселенцы, как считают дальневосточные биологи, представляют для пресноводных и морских прибрежных экосистем Камчатки не меньшую опасность, чем возможные разливы нефтепродуктов или вредоносное цветение водорослей, поскольку их натурализация, как свидетельствует мировой опыт, может иметь непредсказуемые экологические и экономические последствия.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания КФ ТИГ ДВО РАН по теме «Структурно-функциональная организация, динамика и продуктивность наземных и прибрежных экосистем на Дальнем Востоке РФ. Разработка научных основ и экономических инструментов устойчивого природопользования» (№ ЕГИСУ 124012700496-4).

ЛИТЕРАТУРА

- Адрианов А.В., Тарасов В.Г. 2007. Современные проблемы экологической безопасности морских акваторий Дальнего Востока РФ. В кн. *Динамика морских экосистем и современные проблемы сохранения биологического потенциала морей России*. В рамках подпрограммы «Исследование природы Мирового океана» Федеральной целевой программы «Мировой океан», II этап (2003–2007 гг.). Владивосток: Дальнаука. С. 177–195.
- Андреева М.А. 1955. Расселение карповых рыб на Камчатке. *Рыбное хозяйство*. № 10. С. 32–34.
- Аннотированный каталог круглоротых и рыб континентальных вод России. 1998. Отв. ред. Ю.С. Решетников. Москва: Наука. 220 с.
- Белоусова И.Н. 2013. Видовой состав и особенности экологии бесхвостых земноводных на Камчатке. *Материалы I Всероссийской научно-практической конференции «Экология Камчатки и устойчивое развитие региона»*. Петропавловск-Камчатский. С. 24–32.
- Бугаев В.Ф., Вронский Б.Б., Базаркин Г.В. и др. 2006. Серебряный карась *Carassius auratus* и амурский сазан *Cyprinus carpio* бассейна р. Камчатка. *Доклады VI научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский. С. 22–42.
- Бугаев В.Ф., Вронский Б.Б., Заварина Л.О. и др. 2007. Рыбы реки Камчатка. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 459 с.
- Бухалова Р.В., Велигура Е.М. 2007. Лягушка озерная *Rana ridibunda* (Pallas, 1771) в Паратунской долине (юго-восточная Камчатка). *Доклады VI научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский. С. 51–58.
- Данилин Д.Д. 2019. О находке популяции приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* у Восточной Камчатки (Авачинский залив). *Материалы XX международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский. С. 130–133.
- Евсеев Г.А., Яковлев Ю.М. 2006. Двустворчатые моллюски дальневосточных морей. Владивосток: ПК «Поликон». 120 с.
- Есина В.П. 2008. Экология бесхвостых земноводных на Камчатке. *Сборник научных статей по материалам межведомственной научно-практической конференции «Экология и заповедное дело»*. Петропавловск-Камчатский. С. 69–76.
- Звягинцев А.Ю. 2007. Роль морских биоинвазий в динамике антропогенных и природных экосистем и в формировании биологического потенциала дальневосточных морей России. В кн. *Динамика морских экосистем и современные проблемы сохранения биологического потенциала морей России*. В рамках подпрограммы «Исследование природы Мирового океана» Феде-

- ральной целевой программы «Мировой океан», II этап (2003–2007 гг.). Владивосток: Дальнаука. С. 195–238.
- Кузнецов И.И. 1931. Опыты акклиматизации карасей на Камчатке и красной на Амуре. *Рыбное хозяйство Дальнего Востока*. № 1-2. С. 49–53.
- Кузьмин С.Л. 2012. Земноводные бывшего СССР. Издание второе, переработанное. Москва: Товарищество научных изданий КМК. 370 с.
- Куренков И.И. 1954. Результаты акклиматизации карася в водоемах Камчатки. *Труды совещания по проблемам акклиматизации рыб и кормовых беспозвоночных*. Москва. С. 130–134.
- Куренков И.И. 1958. Акклиматизация новых рыб на Камчатке. *Технико-экономический бюллетень Камчатского совнархоза*. № 6. С. 23–25.
- Куренков И.И. 1977. К акклиматизации стерляди на Камчатке. *Вопросы географии Камчатки*. Выпуск 7. С. 50–52.
- Куренков И.И., Моисеев П.А. 1977. Опыт акклиматизации карповых рыб в лососевых водоемах (Камчатка). *Тезисы докладов симпозиума по реакции водных экосистем на вселение новых видов*. Москва. С. 66–67.
- Лагунов И.И. 1939. Акклиматизация карасей на Камчатке. *Рыбное хозяйство*. № 3. С. 26.
- Лобанова В.И. 2016. Особенности распространения и фенологии озерной лягушки *Pelophylax ridibundus* в термальных водоемах Центральной Камчатки. *Тезисы докладов XVII международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский. С. 84–88.
- Ляпков С.М. 2014а. Озерная лягушка *Pelophylax ridibundus* на Камчатке: распространение, местообитания и особенности структуры популяции. *Тезисы докладов XV международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский. С. 62–66.
- Ляпков С.М. 2014б. Озерная лягушка *Pelophylax ridibundus* в термальных водоемах Камчатки. *Зоологический журнал*. Т. 93. № 12. С. 1427–1432.
- Ляпков С.М. 2016а. Озерная лягушка *Pelophylax ridibundus* на Камчатке: особенности местообитаний, размерного и возрастного состава популяций. *Тезисы докладов XVII международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский. С. 94–98.
- Ляпков С.М. 2016б. Травяная лягушка (*Rana temporaria*) на Камчатке: формирование первой популяции. *Современная герпетология*. Т. 16. Выпуск 3/4. С. 123–128.
- Ляпков С.М. 2017. Озерная лягушка *Pelophylax ridibundus* на Камчатке: формирование новых популяций в условиях, близких к экстремальным. *Тезисы докладов XVIII международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский. С. 138–141.
- Ляпков С.М. 2018. Первая популяция травяной лягушки *Rana temporaria* на Камчатке: возрастной состав и особенности постметаморфозного роста. *Тезисы докладов XIX международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский. С. 101–104.
- Ляпков С.М. 2020. Первая популяция травяной лягушки *Rana temporaria* на

- Камчатке: межводоемная изменчивость размеров метаморфов и сроков их выхода на сушу и особенности постметаморфозного роста. *Тезисы докладов XXI международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский. С. 93–97.
- Ляпков С.М. 2021. Травяная лягушка *Rana temporaria* на Камчатке: половые различия по размерам и возрастному составу и отличия интродуцированной популяции от популяций нативного ареала. *Тезисы докладов XXII международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский. С. 47–52.
- Ляпков С.М. 2022а. Особенности фенотипического состава популяций озерной лягушки *Pelophylax ridibundus* Камчатки. *Тезисы докладов XXIII международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский. С. 53–58.
- Ляпков С.М. 2022б. Использование фотографий для получения массового материала по фенотипическому составу озерной лягушки *Pelophylax ridibundus* популяций Камчатки. *Тезисы докладов XXIII международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский. С. 99–102.
- Токранов А.М. 2001. Нахождение сибирского усатого гольца *Barbatula toni* (Balitoridae) на Камчатке. *Вопросы ихтиологии*. Т. 41. № 2. С. 268–269.
- Токранов А.М. 2004. Акклиматизация рыб на Камчатке в XX веке. *Материалы XXI Крашенинниковских чтений «Камчатка: прошлое и настоящее»*. Петропавловск-Камчатский. С. 213–218.
- Токранов А.М. 2005. Становление популяции сибирского усатого гольца *Barbatula toni* (Balitoridae) в бассейне р. Камчатка. *Доклады V научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский. С. 123–127.
- Токранов А.М. 2006. Распространение и некоторые черты биологии сибирского усатого гольца *Barbatula toni* (Balitoridae) в бассейне реки Камчатка. *Вопросы ихтиологии*. Т. 46. № 6. С. 760–765.
- Токранов А.М. 2008. Осетровая летопись Камчатки. *Доклады VIII международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей»*. Петропавловск-Камчатский. С. 255–260.
- Токранов А.М. 2013. Чужеродные виды гидробионтов в фауне Камчатки. *Материалы I Всероссийской научно-практической конференции «Экология Камчатки и устойчивое развитие региона»*. Петропавловск-Камчатский. С. 114–124.
- Токранов А.М. 2015. Рыбы и земноводные Быстринского природного парка. *Растительный и животный мир Быстринского природного парка (центральная Камчатка)*. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамГУ им. В. Беринга. С. 197–201.
- Токранов А.М., Бонк А.А. 2015. Сибирский усатый голец *Barbatula toni* в бассейне р. Камчатки. *Сборник материалов Всероссийской научной конференции «Современное состояние и методы изучения экосистем внутренних водоемов»*. Петропавловск-Камчатский. С. 119–123.
- Токранов А.М., Данилин Д.Д. 2022. Изменение границ распространения некоторых видов гидробионтов на примере Камчатки. *Материалы Всероссийского симпозиума «Актуальные проблемы*

зоогеографии и биоразнообразия Дальнего Востока России». Хабаровск. С. 280–288.

Шейко Б.А., Никаноров А.П. 2000. Класс Amphibia – Земноводные. Класс Reptilia – Пресмыкающиеся. *Каталог позвоночных животных Камчатки и сопредельных морских акваторий*. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 70–72.

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

<https://www.inaturalist.org/taxa/25591-Rana-temporaria> (дата обращения: 18.07.2025).

REFERENCES

- Adrianov A.V., Tarasov V.G. 2007. Modern problems of environmental safety in the marine areas of the Russian Far East. In: *Dynamics of marine ecosystems and current problems of preserving the biological potential of Russia's seas*. Within the framework of the subprogram "Study of the World Ocean Nature" of the Federal Target Program "World Ocean", Stage II (2003–2007). Vladivostok: Dalnauka Publ. P. 177–195 (in Russian).
- Andreeva M.A. 1955. Carp fish settlement in Kamchatka. *Rybnoye khozyaystvo (Fisheries Journal)*. № 10. С. 32–34 (in Russian).
- An annotated catalog of cyclostomes and fish of Russia's continental waters. 1998. Ed. By Yu.S. Reshetnikov. Moscow: Nauka Publ. 220 p. (in Russian).
- Belousova I.N. 2013. Species composition and ecological features of tailless amphibians in Kamchatka. *Materials of the I All-Russian Scientific and Practical Conference "Ecology of Kamchatka and Sustainable Development of the Region"*. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 24–32 (in Russian).
- Bugaev V.F., Vronsky B.B., Bazarkin G.V. et al. 2006. German carp *Carassius auratus* and Amur carp *Cyprinus carpio* of the Kamchatka River basin. *Proceedings of V scientific conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and Coastal waters"*. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 22–42 (in Russian).
- Bugaev V.F., Vronsky B.B., Zavarina L.O. et al. 2007. Fishes of Kamchatka's River. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchat-NIRO. 459 p. (in Russian).
- Bukhalova R.V., Veligura E.M. 2007. Lake frog *Rana ridibunda* (Pallas, 1771) in Paratunka valley (Southeastern Kamchatka). *Proceedings of VII international scientific conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and Coastal waters"*. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 51–58 (in Russian).
- Danilin D.D. 2019. About finding of population of the Japanese scallop *Mizuhopecten yessoensis* near East Kamchatka (Avacha Gulf). *Materials of XX international scientific conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and Coastal waters"*. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 130–133 (in Russian).
- Evseev G.A., Yakovlev Yu.M. 2006. Bivalve mollusks of Far-Eastern Seas. Vladivostok: PK "Polikon". 120 p. (in Russian).
- Esina V.P. 2008. Ecology of tailless amphibians in Kamchatka. *Collection of scientific articles based on the materials of the interdepartmental scientific and practical conference "Ecology and Nature Con-*

- servation". Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 69–76 (in Russian).
- Zvyagintsev A.Yu. 2007. The role of marine bioinvasions in the dynamics of anthropogenic and natural ecosystems and in shaping the biological potential of Russia's Far Eastern seas. In: *Dynamics of marine ecosystems and current problems of preserving the biological potential of Russia's seas*. Within the framework of the subprogram "Study of the World Ocean Nature" of the Federal Target Program "World Ocean", Stage II (2003–2007). Vlsdivostok: Dalnauka Publ. P. 195–238 (in Russian).
- Kuznetsov I.I. 1931. Acclimatization experiments with German carp in Kamchatka and sockeye salmon in the Amur River. *Rybnoye khozyaystvo Dal'nego Vostoka (Fisheries of the Far East)*. № 1-2. P. 4–53 (in Russian).
- Kuzmin S.L. 2012. Amphibians of the Former USSR. Second edition, revised. Moscow: KMK Scientific Publishers. 370 p. (in Russian).
- Kurenkov I.I. 1954. Results of the German carp acclimatization in the water bodies of Kamchatka. *Proceedings of the meeting on the problems of fish and forage invertebrates acclimatization*. Moscow. P. 13–134 (in Russian).
- Kurenkov I.I. 1958. Acclimatization of new fish in Kamchatka. *Technical and economic bulletin of the Kamchatka Council of National Economy*. № 6. C. 23–25 (in Russian).
- Kurenkov I.I. 1977. To the acclimatization of Siberian sterlet in Kamchatka. *Voprosy geografii Kamchatki (Questions of Kamchatka Geography)*. Iss. 7. P. 50–52 (in Russian).
- Kurenkov I.I., Moiseev P.A. 1977. Experience in the acclimatization of carp fish in salmon ponds (Kamchatka). *Abstracts of the Symposium on the response of aquatic ecosystems to the introduction of new species*. Moscow. P. 66–67 (in Russian).
- Lagunov I.I. 1939. German carp acclimatization in Kamchatka. *Rybnoye khozyaystvo (Fisheries Journal)*. № 3. C. 26 (in Russian).
- Lobanova V.P. 2016. Characteristics of distribution and phenology of *Pelophylax ridibundus* in Central Kamchatka thermal waters. *Abstracts of XVII international scientific conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and Coastal waters"*. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 84–88 (in Russian).
- Lyapkov S.M. 2014a. *Pelophylax ridibundus* in Kamchatka: distribution, habitats, and characteristics in population structure. *Abstracts of XV international scientific conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and Coastal waters"*. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 62–66 (in Russian).
- Lyapkov S.M. 2014b. *Pelophylax ridibundus*, a marsh frog, in the thermal ponds of Kamchatka. *Zoologicheskij zhurnal (Russian Journal of Zoology)*. Vol. 93. № 12. P. 1427–1432 (in Russian).
- Lyapkov S.M. 2016a. *Pelophylax ridibundus* in Kamchatka: habitats, size and age characteristics of populations. *Abstracts of XVII international scientific conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and Coastal waters"*. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 94–98 (in Russian).
- Lyapkov S.M. 2016b. The grass frog (*Rana temporaria*) in Kamchatka: the formation of the first population. *Sovremennaya gerpetologiya (Modern Herpetology)*. Vol. 16. Iss. 3/4. P. 123–128 (in Russian).
- Lyapkov S.M. 2017. *Pelophylax ridibundus* in Kamchatka: the formation of new populations in environments near to extremal. *Materials of XVIII international scientific conference "Conservation of biodiversity of Kamchatka and Coastal waters"*.

- Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 138–141 (in Russian).
- Lyapkov S.M. 2018. *Rana temporaria* in Kamchatka: the age distribution and the characteristics of postmetamorphic growth. *Materials of XIX international scientific conference* “Conservation of biodiversity of Kamchatka and Coastal waters”. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 101–104 (in Russian).
- Lyapkov S.M. 2020. The first population of *Rana temporaria* in Kamchatka: among-pools variation in metamorph’s sizes and larval developmental time, and characteristics of early postmetamorphic growth. *Materials of XXI international scientific conference* “Conservation of biodiversity of Kamchatka and Coastal waters”. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 93–97 (in Russian).
- Lyapkov S.M. 2021. *Rana temporaria* in Kamchatka: Sexual differences in body size and age distribution and the distinction of the introduced population from populations of native part of the range. *Materials of XXII international scientific conference* “Conservation of biodiversity of Kamchatka and Coastal waters”. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 47–52 (in Russian).
- Lyapkov S.M. 2022a. Особенности фенотипического состава популяций озерной лягушки *Pelophylax ridibundus* Камчатки. *Materials of XXIII international scientific conference* “Conservation of biodiversity of Kamchatka and Coastal waters”. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 53–58 (in Russian).
- Lyapkov S.M. 2022b. Использование фотографий для получения массового материала по фенотипическому составу озерной лягушки *Pelophylax ridibundus* популяций Камчатки. *Materials of XXIII international scientific conference* “Conservation of biodiversity of Kamchatka and Coastal waters”. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 99–102 (in Russian).
- Tokranov A.M. 2001. Occurrence of the Siberian Stone loach *Barbatula toni* (Balitoridae) at Kamchatka. *Voprosy Ichthyology (Journal of Ichthyology)*. Vol. 41. № 2. P. 171–172.
- Tokranov A.M. 2004. Acclimatization of the fishes in Kamchatka in the XX Century. *Materials of the XXI Krasheninnikov Readings* “Kamchatka: Past and Present”. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 213–218 (in Russian).
- Tokranov A.M. 2005. The Making of the Siberian Stone Loach *Barbatula toni* (Balitoridae) Population in Kamchatka River’s Basin. *Proceedings of V scientific conference* “Conservation of biodiversity of Kamchatka and Coastal waters”. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 123–127 (in Russian).
- Tokranov A.M. 2006. Distribution and Some Features of the Biology of the Bearded Stone Loach *Barbatula toni* (Balitoridae) in the Kamchatka River Basin. *Voprosy Ichthyology (Journal of Ichthyology)*. Vol. 46. № 9. P. 722–727.
- Tokranov A.M. 2008. The Sturgeon’s Chronicle of Kamchatka. *Proceedings of VIII international scientific conference* “Conservation of biodiversity of Kamchatka and Coastal waters”. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 255–260 (in Russian).
- Tokranov A.M. 2013. Alien species of hydrobionts in the fauna of Kamchatka. *Materials of the I All-Russian Scientific and Practical Conference* “Ecology of Kamchatka and Sustainable Development of the Region”. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 114–124 (in Russian).
- Tokranov A.M. 2015. Fishes and Amphibians of the Bystrinsky Nature Park. *Flora and Fauna of the Bystrinsky Nature Park (Cen-*

- tral Kamchatka*). Petropavlovsk-Kamchatsky: KamSU by V. Bering. P. 197–201 (in Russian).
- Tokranov A.M., Bonk A.A. 2015. Siberian Stone Loach *Barbatula toni* in the Kamchatka River basin. *Collection of materials from the All-Russian Scientific Conference “Current State and Methods of Studying Ecosystems of Inland Water Bodies”*. Petropavlovsk-Kamchatsky. P. 119–123 (in Russian).
- Tokranov A.M., Danilin D.D. 2022. Modification of limits of distribution of some species of hydrobionts on example of Kamchatka. *Materials of the All-Russian Symposium “Current problems. zoogeography and biodiversity of the Russian Far East”*. Khabarovsk. P. 280–288 (in Russian).
- Sheiko B.A., Nikanorov A.P. 2000. Class Amphibia – Amphibians. Class Reptilia – Reptiles. *Catalog of Vertebrates of Kamchatka and Adjacent Waters*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatskiy Pechatniy Dvor. P. 70–72 (in Russian).
- Sheiko B.A., Fedorov V.V. 2000. Class Cephalaspidomorphi – Lampreys. Class Chondrichthyes – Cartilaginous fishes. Class Holocephali – Holocephali. Class Osteichthyes – Bony fishes. In: *Catalog of Vertebrates of Kamchatka and Adjacent Waters*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatskiy Pechatniy Dvor. P. 7–69 (in Russian).
- <https://www.inaturalist.org/taxa/25591-Rana-temporaria>. (accessed: 18.07.2025).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Токранов Алексей Михайлович – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; доктор биологических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник, руководитель лаборатории гидробиологии; tok_50@mail.ru. SPIN-код: 9756-8561, Author ID: 93184; Scopus ID: 6603388324; WoS ID: K-3363-2018.

Tokranov Alexey Mikhailovich – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher, Principal Researcher, Head of Laboratory of Hydrobiology; tok_50@mail.ru. SPIN-code: 9756-8561, Author ID: 93184; Scopus ID: 6603388324; WoS ID: K-3363-2018.

Статья поступила в редакцию 07.08.2024; одобрена после рецензирования 20.08.2024; статья принята к публикации 22.09.2024.

The article was submitted 07.08.2024; approved after reviewing 20.08.2024; accepted for publication 22.09.2024.

Для цитирования: Токранов А.М. 2025. Инвазивные гидробионты в водах Камчатки. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 73. С. 37–53. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2025-73-37-53>.

For citation: Tokranov A.M. 2025. Invasive hydrobionts in the waters of Kamchatka. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 73. P. 37–53 (in Russian). <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2025-73-37-53>.

Обзорная статья

УДК 598.2:639.2.081.4

DOI: 10.17217/2079-0333-2025-73-54-74

**ПРОБЛЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПТИЦ И ЛЮБИТЕЛЬСКОГО РЫБОЛОВСТВА:
ОБЗОР ПО МАТЕРИАЛАМ ПЕЧАТНЫХ ИЗДАНИЙ И ИНТЕРНЕТ-ИСТОЧНИКОВ**

Артюхин Ю.Б.

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

Проанализированы 14 печатных публикаций и 369 интернет-источников, вышедших в свет на территории стран Северной Евразии в границах бывшего СССР в 2004–2025 гг., в которых представлена информация о 407 наблюдениях контактов птиц с крючковыми снастями рыбаков-любителей. Идентифицированы 74 вида птиц, принадлежащих к 13 отрядам и 26 семействам. По видовому разнообразию таксонов и количеству наблюдений лидируют отряды Ржанкообразные (22 вида/141 случай) и Гусеобразные (13 видов/118 случаев). Основная часть инцидентов произошла с птицами из экологической группы водоплавающих и околоводных (суммарно 68,9 и 82,6% от общего числа видов и количества наблюдений соответственно). Гибель птиц в орудиях лова регистрировали 31 раз. Причиной смерти с одинаковой частотой были: 1) случайные зацепы крючками и запутывание в леске непосредственно во время рыбалки, 2) попадание в снасти, потерянные или выброшенные рыбаками на водоеме. В популярных местах любительского рыболовства обрывки лески и другие фрагменты снастей являются одним из основных источников загрязнения окружающей среды и представляют угрозу для населения птиц. Результаты проведенного анализа свидетельствуют о наличии конфликта между увлечением рыболовов-любителей и необходимостью сохранения популяций птиц.

Ключевые слова: загрязнение, любительское рыболовство, прилов, рыбак-любитель, рыболовные снасти, смертность птиц.

Review article

**THE PROBLEM OF BIRD INTERACTIONS WITH RECREATIONAL FISHING:
A REVIEW BASED ON PRINT AND ONLINE SOURCES**

Artukhin Yu.B.

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

This study analyses 14 print publications and 369 online sources from Northern Eurasia within the borders of the former USSR, published between 2004 and 2025. These sources document 407 cases of interactions between birds and recreational hook-and-line tackle. Seventy-four bird species belonging to 13 orders and 26 families were identified. The orders Charadriiformes (22 species/141 cases) and Anseriformes (13 species/118 cases) led in terms of taxonomic diversity and number of observations. The majority of incidents involved birds from the ecological group of waterfowl and wading birds (68.9% and 82.6% of the total spe-

cies and observations, respectively). Bird mortality from fishing tackle was recorded 31 times. The causes of death were equally frequent: 1) accidental hooking and entanglement in fishing line during active fishing and 2) entanglement in lost or discarded fishing tackle in bodies of water. In popular recreational fishing areas, discarded fishing line and other fragments of fishing tackle are a primary source of environmental pollution and pose a significant threat to bird populations. The results of this analysis indicate an existing conflict between the hobby of recreational angling and the necessity for bird population conservation.

Key words: pollution, recreational fishing, recreational angler, bycatch, fishing tackle, bird mortality.

ВВЕДЕНИЕ

Случайная гибель птиц в орудиях лова при освоении водных биоресурсов находится в числе важнейших факторов, воздействующих на состояние их популяций. Наибольшую угрозу для птиц представляют крупномасштабные морские промыслы с применением сетей, ярусов и тралов [Dias et al., 2019]. Широко распространенное во всем мире любительское рыболовство (за рубежом его называют рекреационным), которое осуществляется на пресных и морских водоемах для личного потребления добытого улова или с целью отдыха на природе, в эту оценку не входит, так как его последствия для птиц трудно отследить. В связи с исключительной популярностью среди населения этот процветающий вид рыболовства выделяется необыкновенной массовостью. В развитых странах каждый десятый человек увлекается рыбалкой, что составляет как минимум 220 млн рыболовов-любителей по всему миру – это более чем в пять раз превышает численность рыбаков, занятых на коммерческих промыслах [Arlinghaus et al., 2019]. В России рыбалкой занимаются от 10 до 25 млн человек, и с развитием внутреннего туризма армия рыболовов-любителей увеличивается [Федеральное агентство по рыболовству, 2024].

Проблема негативных последствий любительского рыболовства на окружающую среду весьма многогранна. В нашей

стране ее рассматривали главным образом через призму влияния на водные биоресурсы [см. обзор: Барабанов, 2017]. Интерес орнитологов и любителей птиц к этой теме ограничивался редкими краткими упоминаниями о наблюдениях живых и погибших птиц, зацепившихся за крючковые рыболовные снасти или за их фрагменты, оставленные рыбаками на водоемах [Аракелянц, Березовиков, 2006; Мерзлякин и др., 2007; Бескаравайный, 2008; Стукальцов, Фетисов, 2008; Елсуков, 2013; Бабушкин, 2014; Ашмарина, 2018; Березовиков, 2018; Кошелев и др., 2020; Коршунова и др., 2022; Чаликова, 2023; Резов, 2024; Артюхин, Ковалева, 2025]. Зарубежные исследователи, напротив, считают птиц, в первую очередь водоплавающих, одной из групп животного мира, сильно подверженных воздействию любительского рыболовства [Lewin et al., 2006; Abraham et al., 2010; Huddart, Stott, 2019; Lewin et al., 2019; Abraham, 2021]. В последние годы в русскоязычном сегменте интернета, главным образом в социальных сетях и новостных лентах сетевых изданий, множатся сообщения, демонстрирующие случайные поимки птиц во время рыбалки, находки птиц с остатками рыболовных снастей на теле и операции по их спасению. Такая информация поступает из разных уголков нашей страны, а также с территории бывших союзных республик, что определенно свидетельствует о повсеместном распространении этого явления.

В 2024 г. автором были начаты целенаправленные поиски в интернете и в печатных изданиях свидетельств случайных контактов птиц с крючковыми орудиями лова рыбаков-любителей – конфликтах, произошедших непосредственно во время рыбалки, и инцидентах с потерянными/выброшенными рыбаками фрагментами снастей (рис. 1). В данной статье представлены результаты анализа информации, собранной нами с территории стран Северной Евразии в границах бывшего СССР. Основными целями исследования были: 1) определение таксонов и экологических групп птиц, подверженных риску случайной гибели в результате контактов с рыболовными снастями в разных регионах; 2) описание особенностей взаимодействия птиц с орудиями лова рыбаков-любителей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для сбора русскоязычного контента на интернет-ресурсах использовали поисковые системы Google и Яндекс. Ключе-

выми фразами служили такие выражения, как «птица (лебедь, утка, баклан, чайка и др.) зацепилась за крючок», «птицу поймали на рыбалке», «птица запуталась в леске», «спасение птицы» и т. п. В печатных изданиях описание случаев контакта птиц с орудиями лова искали по ссылкам в результатах поисковых запросов в интернете (при этом дополнительно использовали платформу Google Scholar), а также просматривая региональные сводки, каталоги и указатели орнитологической литературы, списки источников в публикациях. В базу данных включали сообщения, в которых можно было определить вид птицы, год и регион наблюдений. Фиксировали также характер взаимодействия с орудиями лова: активный контакт – если птица зацепилась за снасть непосредственно во время рыбалки, пассивный – если наблюдали птицу с крючками или обрывками лески на теле в отсутствие рыбаков. Для каждого случая отмечали последствия контакта с орудием лова (птица погибла, осталась живой, или ее судьба неизвестна).

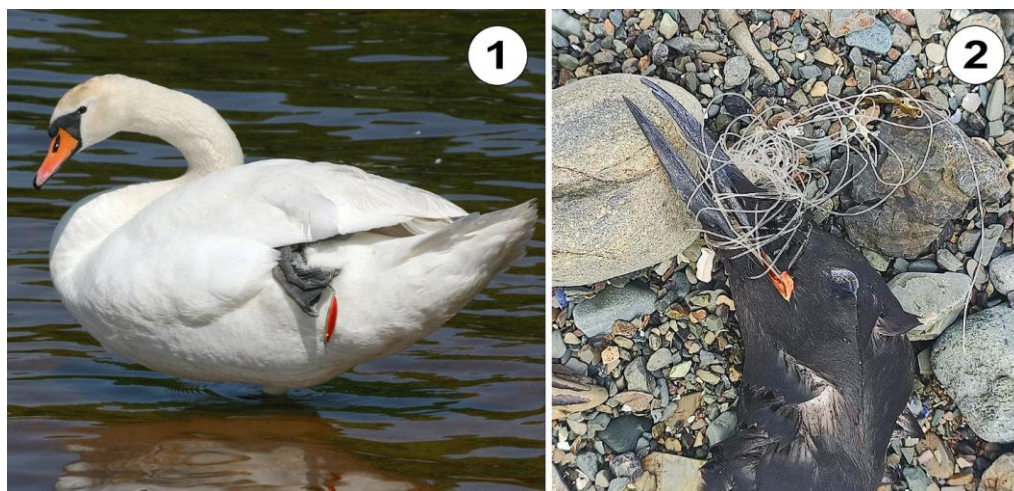


Рис. 1. Инциденты птиц с крючковыми орудиями лова рыбаков-любителей: 1 – зацеп блесной за лапу лебедя-шипунa *Cygnus olor*, Рига, р. Западная Двина (Даугава), 17 мая 2008 г., фото Р. Матрозиса; 2 – погибшая тонкоклювая кайра *Uria aalge*, намотавшая на клюв пучок выброшенной рыболовной лески, Петропавловск-Камчатский, 5 июня 2024 г., фото Ю.Б. Артюхина

Fig. 1. Bird incidents with recreational hook-and-line tackle: 1 – mute swan *Cygnus olor* with fish lure, Riga, Daugava River, 17 May 2008, photo by R. Matrozis; 2 – common murre *Uria aalge* entangled by discarded fishing line, Petropavlovsk-Kamchatsky, 5 June 2024, photo by Yu.B. Artukhin

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Источники информации

В анализ автором включены 407 случаев контактов птиц с рыболовными снастями рыбаков-любителей, которые были представлены в форме видеороликов, фотографий и текста, вышедших в свет с 2004 г. по август 2025 г. Из этого числа 28,7% сообщений приходятся на российские и глобальные социальные сети, такие как Яндекс.Дзен, ВКонтакте, Rutube, Одноклассники, TikTok, Telegram, LifeJournal и др. Почти столько же (28,3%) размещаются на информационно-новостных порталах и в сетевых изданиях. Основным поставщиком видеороликов является популярный видеохостинг YouTube (27,0%). На тематических сайтах, в блогах и сообществах находятся 8,4% общего числа на-

блюдений. В печатных изданиях рассматриваемая тема представлена чрезвычайно слабо. Найдены лишь две монографии и 12 статей и кратких сообщений в научных и научно-популярных изданиях, в которых содержатся описания 31 контакта птиц (7,6%) с крючковыми орудиями лова либо их фрагментами, оставленными рыбаками на водоемах.

Количество сообщений, преимущественно в интернете, увеличилось в период с 2017 г. по настоящее время, когда были зарегистрированы 356 из 407 контактов (рис. 2). Несомненно, это обусловлено более активным использованием мобильных устройств в повседневной жизни и ростом численности пользователей интернета, которая к началу 2025 г. в России достигла рекордного показателя в 133 млн человек с уровнем проникновения интернета в 92,2% [Тимонова, 2025].

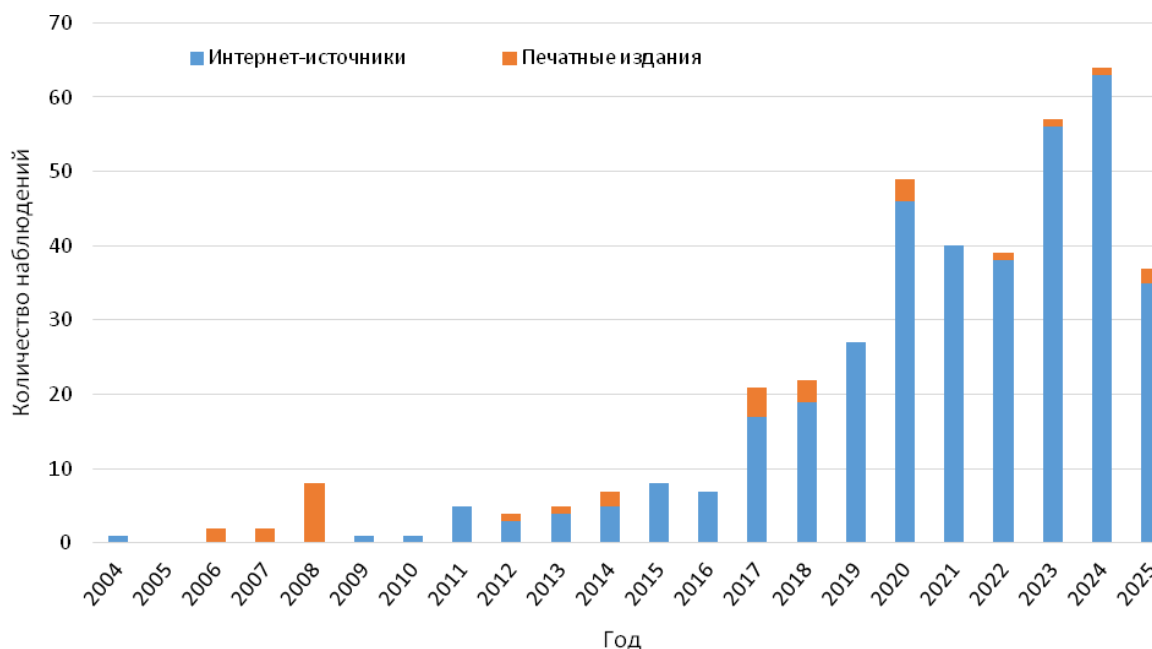


Рис. 2. Динамика регистраций контактов птиц с крючковыми снастями рыбаков-любителей в 2004–2025 гг. по информации из интернета, научных и научно-популярных печатных изданий

Fig. 2. Dynamics of records of bird interactions with recreational hook-and-line fishing tackle from 2004 to 2025, based on information from the Internet, scientific, and popular science print publications

Основная доля сообщений (320 случаев, или 78,6%) приходит с территории Российской Федерации, еще 87 (21,4%) – из семи бывших союзных республик (ныне это Беларусь, Казахстан, Латвия, Литва, Молдова, Украина и Эстония). Согласно информации из российских источников, 250 инцидентов произошли в пяти федеральных округах, занимающих всю европейскую часть страны, в то время как в значительно больших по площади трех федеральных округах из азиатской части зарегистрированы только 70 контактов птиц с рыболовными снастями (рис. 3). Такая существенная разница связана с распределением населения по регионам. В европейской части проживают 109,5 из 146,1 млн человек современного населения страны [Федеральная служба государственной статистики, 2025], включая основную долю отечественных рыболовов-любителей. Относительные же показатели числа наблюдений в европейской и азиатской

частях России отличаются не так сильно – 2,3 и 1,9 на 1 млн жителей соответственно.

Состав птиц

Из 407 птиц, контактировавших с орудиями лова рыбаков, определили 74 вида, принадлежащих к 13 отрядам и 26 семействам (табл. 1; приложение). Среди них преобладают неворобьиные птицы Non-Passeriformes. По видовому разнообразию и численности таксонов выделяются отряды Ржанкообразные и Гусеобразные, представители которых своим образом жизни тесно связаны с водной средой. Первый отряд содержит 16 видов чаек и крачек, пять – куликов и один – чистиковых общим числом в 141 особь, второй – 10 видов уток, по одному – лебедей и казарок в количестве 118 особей. В отряде Воробьеобразные (14 видов/34 особи) доминируют врановые птицы (5 видов/20 особей), тяготеющие к поселениям человека.

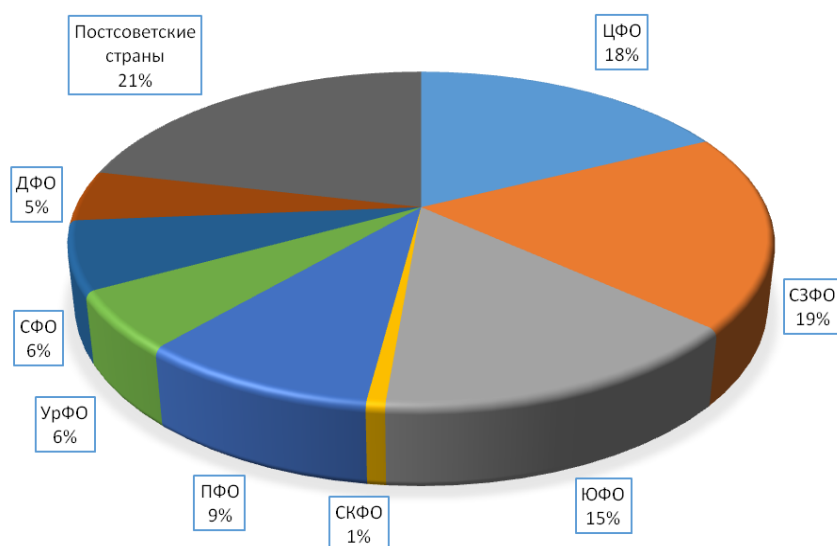


Рис. 3. Распределение регистраций контактов птиц с крючковыми снастями рыболовов-любителей по регионам. Федеральные округа РФ: ЦФО – Центральный, СЗФО – Северо-Западный, ЮФО – Южный, СКФО – Северо-Кавказский, ПФО – Приволжский, УрФО – Уральский, СФО – Сибирский, ДФО – Дальневосточный. Постсоветские страны: Беларусь, Казахстан, Латвия, Литва, Молдова, Украина и Эстония

Fig. 3. Distribution of records of bird interactions with recreational hook-and-line fishing tackle by region. Federal districts of Russia: ЦФО – Central, СЗФО – North-Western, ЮФО – Southern, СКФО – North Caucasian, ПФО – Volga, УрФО – Ural, СФО – Siberian, ДФО – Far Eastern. Постсоветские страны – post-Soviet countries (Belarus, Estonia, Kazakhstan, Latvia, Lithuania, Moldova, and Ukraine)

Большинство контактов случилось с птицами из экологических групп водоплавающих и околоводных, суммарная доля которых в общем числе видов и в количестве наблюдений составила 68,9 и 82,6% соответственно (табл. 1). Более трети всех инцидентов (39,3%) приходится на три вида: лебедя-шипуну *Cygnus olor* (63 случая), озерную чайку *Larus ridibundus* (59) и крякву *Anas platyrhynchos* (38). В условиях отсутствия преследования человеком и доступных источников корма эти птицы активно осваивают урбанизированные территории, где регулярно вступают в конфликт с рыбаками-любителями на городских и пригородных водоемах. У типично сухопутных птиц наибольшее количество контактов отмечено у таких

синантропных видов, как сизый голубь *Columba livia* и серая ворона *Corvus cornix* – 14 и 7 наблюдений соответственно; этих птиц обычно регистрировали по берегам водоемов и в городских кварталах с обрывками рыболовной лески на теле. Из хищных птиц чаще других сталкивались с рыбаками черные коршуны *Milvus migrans* (9 инцидентов), так как они предпочитают гнездиться в пойменных и галерейных лесах вдоль крупных и малых рек. Закономерно, что из 407 регистраций контактов птиц с рыболовными снастями 345 наблюдали на внутренних водоемах (прудах, озерах, реках, водохранилищах), 42 – в акваториях и на побережьях морей (чаще всего на Черном) и еще 20 – в городских кварталах.

Таблица 1. Таксоны птиц, для которых зарегистрированы контакты с крючковыми орудиями лова рыбаков-любителей на территории РФ и постсоветских стран по материалам печатных изданий и интернет-источников, 2004–2025 гг.

Table 1. Bird taxa recorded interacting with recreational hook-and-line fishing tackle in the Russian Federation and post-Soviet countries, based on printed and online sources, 2004–2025

Отряд*	Количество семейств	Количество видов		Количество наблюдений	
		всего	в том числе с погибшими птицами	всего особей	в том числе погибших
Гусеобразные Anseriformes	1	13	2	118	4
Гагарообразные Gaviiformes	1	2	1	8	1
Пеликанообразные Pelecaniformes	2	4	3	23	3
Аистообразные Ciconiiformes	2	6	1	21	1
Поганкообразные Podicipediformes	1	2	1	18	2
Соколообразные Falconiformes	2	4	–	15	–
Журавлеобразные Gruiformes	1	2	–	7	–
Ржанкообразные Charadriiformes	4	22	7	141	15
Голубеобразные Columbiformes	1	1	–	14	–
Совообразные Strigiformes	1	2	1	3	1
Стрижеобразные Apodiformes	1	1	–	4	–

Окончание табл. 1

The end of the Table 1

Отряд*	Количество семейств	Количество видов		Количество наблюдений	
		всего	в том числе с погибшими птицами	всего особей	в том числе погибших
Дятлообразные Piciformes	1	1	–	1	–
Воробьеобразные Passeriformes	8	14	4	34	4
<i>Всего</i>	26	74	20	407	31

* Полу жирным шрифтом выделены водоплавающие и околоводные птицы

* Waterfowl and wading birds are highlighted in bold

По видовому разнообразию, как и по количеству наблюдений, лидируют регионы европейской части России. Наибольшее число видов отмечено в Северо-Западном федеральном округе (27), за ним следуют Центральный (24) и Южный (20). В азиатской части страны по 15 видов зафиксировано в Уральском и Дальневосточном федеральных округах и 11 – в Сибирском.

Среди 74 идентифицированных видов преобладают широко распространенные многочисленные и обычные виды, состояние которых не вызывает особых опасений. В то же время в их числе оказались семь видов, отнесенных Международным союзом охраны природы и природных ресурсов [IUCN, 2025] к категориям «исчезающий» (степной орел *Aquila nipalensis*), «уязвимый» (красноголовый нырок *Aythya ferina*, красношейная поганка *Podiceps auritus*, моевка *Rissa tridactyla*) и «находящийся в состоянии, близком к угрожаемому» (гага *Somateria mollissima*, кулик-сорока *Haematopus ostralegus*, чернозобик *Calidris alpina*), но лишь одиночные экземпляры двух последних видов были зафиксированы в числе погибших.

При анализе собранного материала, если была возможность, определяли воз-

раст птиц на фото- и видеоизображениях. В таблице 2 представлен возрастной состав некоторых видов водоплавающих птиц. За исключением двух крупных белоголовых чаек рода *Larus* в видовых выборках преобладали взрослые особи. У лебедя-шипуна и кряквы отмечены поимки пуховых птенцов из выводков – четырежды и однажды соответственно.

Особенности контактов птиц с орудиями лова

В 174 из 407 наблюдений птицы контактировали с рыболовными снастями непосредственно в процессе рыбалки. Для 163 из них оказалось возможным установить тип крючковых орудий лова. В 66,3% случаев рыбаки ловили рыбу спиннингами с разными приманками (блеснами, воблерами, джигами, попперами, силиконовыми), в 24,5% – поплавочными, донными, закидными и нахлыстовыми удочками, в 8,0% – ставными живцовыми снастями (жерлицами, поставушками, кружками, драголинами) и в 1,2% – методом троллинга. При 92 из 150 активных контактов (61,3%) зацепы птиц происходили крючками за разные части туловища, голову

и конечности. Причем в 44 случаях птицы цеплялись за крючок клювом, очевидно, при попытке схватить наживку. Остальные 58 активных контактов (38,7%) представляли собой поимки птиц леской, чаще всего за конечности.

Наша база данных содержит 233 регистрации птиц с различными фрагментами рыболовных снастей на теле. Условно относим их к контактам с пассивными орудиями лова, потому что таких птиц наблюдали на водоемах и в их окрестностях, но не прямо на рыбалке. В 50,6% случаев на птицах были прицеплены блесны, воблеры и крючки разных типов (от одинарных до тройных) с обрывками лески, искусственными наживками, поплавками и грузилами. Скорее всего, большинство из этих «подарков» птицы получили в результате активного взаимодействия с рыбаками, оборвав леску после зацепа (либо ее обрезали), а не при пассивном контакте с выброшенными/потерянными фрагментами. В остальных случаях (49,4%) находили птиц с обрывками монофильной лески (иногда плетеного шнура), намотанными на разные части туловища и конечности.

Судьба птиц, контактировавших с рыболовными снастями

В 330 из 407 рассмотренных инцидентов (81,1%) птицы высвобождались из

плена рыболовных снастей и оставались в живых. В половине случаев помощь им оказывали сами рыбаки. Кроме них спасением птиц, попавших в беду, часто занимались авторы сообщений, местные жители, отдыхающие, просто прохожие и другие неравнодушные люди либо своими силами, либо с привлечением специалистов из спасательных и ветеринарных служб.

В 46 случаях (11,3%) дальнейшая судьба птиц, пойманных на рыбалке или имевших фрагменты рыболовных снастей на теле, осталась неизвестной. Причем, судя по изображениям и сопровождающей информации, 13 особей из них заглотили крючки с обрывками лески, что оставляло им мало шансов на выживание без помощи человека, так как проглатывание крючка приводит к перфорации внутренних органов, кровотечению и перитониту.

Случаи с летальным исходом зарегистрированы для 31 особи, которые принадлежат к 20 видам (табл. 3) – это 7,6 и 27,0% от общего числа наблюдений и идентифицированных видов соответственно. Кроме пяти сухопутных видов совиных и воробьиных все остальные относятся к водоплавающим и околоводным птицам. Причиной гибели с одинаковой частотой становились: 1) зацепы крючками и запутывание в леске (однажды в плетенке) непосредственно во время лова, 2) попадание в снасти, оставленные рыбаками.

Таблица 2. Возрастной состав видов водоплавающих птиц, имевших частые контакты с орудиями лова рыбаков-любителей

Table 2. Age composition of waterbird species with frequent interactions with recreational fishing tackle

Вид	n	Возрастная группа (%)		
		<i>adultus</i>	<i>juvenilis</i>	<i>pullis</i>
Лебедь-шипун <i>Cygnus olor</i>	62	66,1	27,4	6,5
Кряква <i>Anas platyrhynchos</i>	38	84,2	13,2	2,6
Чомга <i>Podiceps cristatus</i>	16	93,7	6,3	0,0
Сизая чайка <i>Larus canus</i>	15	100,0	0,0	0,0
Хохотунья <i>Larus cachinnans</i>	10	40,0	60,0	0,0
Серебристая чайка <i>Larus argentatus</i>	13	46,2	53,8	0,0
Озерная чайка <i>Larus ridibundus</i>	53	71,7	28,3	0,0
Речная крачка <i>Sterna hirundo</i>	17	94,1	5,9	0,0

Таблица 3. Летальные контакты птиц с крючковыми орудиями лова рыбаков-любителей

Table 3. Lethal interactions of birds with hook-and-line tackle in recreational fishing

Вид	Количество (особи)	Регион*	Причина гибели птицы	Источник**
Лебедь-шипун <i>Cygnus olor</i>	1	ЮФО	Заглотила крючок	7
	1	Латвия	Запуталась в брошенной леске	14
	1	Латвия	Запуталась в леске ногой	19
Большой крохаль <i>Mergus merganser</i>	1	СФО	Заглотила крючок при ловле донной снастью	8
Чернозобая гагара <i>Gavia arctica</i>	1	ДФО	Зацепилась крючком за горло	5
Большой баклан <i>Phalacrocorax carbo</i>	1	ПФО	Заглотила крючок	4
Берингов баклан <i>Phalacrocorax pelagicus</i>	1	ДФО	Зацепилась крючком за бедро	2
Хохлатый баклан <i>Phalacrocorax aristotelis</i>	1	Украина	Запуталась в леске	3
Серая цапля <i>Ardea cinerea</i>	1	Украина	Запуталась в леске ногой	11
Чомга <i>Podiceps cristatus</i>	1	УФО	Запуталась в брошенной леске	17
	1	Латвия	Запуталась в брошенной леске	19
Кулик-сорока <i>Haematopus ostralegus</i>	1	ПФО	Заглотила крючок оставленной снасти	9
Перевозчик <i>Actitis hypoleucos</i>	2	Казахстан	Заглотила крючок оставленной снасти	1
Чернозобик <i>Calidris alpina</i>	1	Беларусь	Заглотила крючок	13
Сизая чайка <i>Larus canus</i>	1	СЗФО	Заглотила крючок при ловле на кружки	16
Хохотунья <i>Larus cachinnans</i>	1	Украина	Запуталась в леске	3
	3	Украина	Запуталась в леске	10
Озерная чайка <i>Larus ridibundus</i>	5	СЗФО	Заглотила крючок при ловле на кружки	16
Тонкоклювая кайра <i>Uria aalge</i>	1	ДФО	Намотала кусок лески на клюв	2
Ушастая сова <i>Asio otus</i>	1	УФО	Запуталась в леске	6
Береговушка <i>Riparia riparia</i>	1	Украина	Поймана леской при заброске спиннингом	12
Белая трясогузка <i>Motacilla alba</i>	1	ПФО	Запуталась в брошенной леске ногами	15
Сорока <i>Pica pica</i>	1	Казахстан	Заглотила крючок оставленной снасти	18
Галка <i>Corvus monedula</i>	1	Украина	Запуталась в брошенной леске ногой	11

* Расшифровку акронимов см. в подписи к рисунку 3

* For the acronyms, see the caption to Figure 3

** Источники информации: 1 – [Аракелянц, Березовиков, 2006]; 2 – [Артюхин, Ковалева, 2025]; 3 – [Бескаравайный, 2008]; 4 – [В Саратове..., 2023]; 5 – [Елсуков, 2013]; 6 – [Инцидент Нижний Тагил, 2025]; 7 – [Коржок, 2022]; 8 – [Коротков, 2023]; 9 – [Коршунова и др., 2022]; 10 – [Кошелев и др., 2020]; 11 – [Мерзликин и др., 2007]; 12 – [Нереальный случай..., 2025]; 13 – [Резов, 2024]; 14 – [Соловьева, 2025]; 15 – [Софронов, 2020]; 16 – [Стукальцов, Фетисов, 2008]; 17 – [Фольц, 2023]; 18 – [Чаликова, 2023]; 19 – [Matrozi, 2017]

** Information sources: 1 – [Arakeljants, Berezovikov, 2006]; 2 – [Artukhin, Kovaleva, 2025]; 3 – Beskaravayny, 2008]; 4 – [In Saratov..., 2023]; 5 – [Elsukov, 2013]; 6 – [Incident Nizhniy Tagil, 2025]; 7 – [Korzhok, 2022]; 8 – [Korotkov, 2023]; 9 – [Korshunova et al., 2022]; 10 – [Koshelev et al., 2020]; 11 – [Merzlikin et al., 2007]; 12 – [Unreal fishing incident, 2025]; 13 – [Rezov, 2024]; 14 – [Solovyeva, 2025]; 15 – [Sofronov, 2020]; 16 – [Stukaltsov, Fetisov, 2008]; 17 – [Folts, 2023]; 18 – [Chalikova, 2023]; 19 – [Matrozis, 2017]

Примечательно, что 23 из 31 инцидента с летальным исходом (74,2%) освещены в 14 печатных научных и научно-популярных изданиях, в то время как привлеченные к анализу 369 источников из интернета с информацией о 376 контактах с орудиями лова содержат лишь восемь фактов гибели птиц (2,1%). Таким образом, в профессиональном и любительском орнитологическом сообществе концентрируют внимание прежде всего на возможных негативных последствиях рыболовства для птиц. А в интернет-сфере подобная информация отстывает на задний план, здесь абсолютно преобладают репортажи со счастливым концом – истории спасения птиц из рыболовных снастей.

Потенциальные риски для птиц при любительском рыболовстве

Из 74 видов, имевших контакты с орудиями лова, чуть больше четверти вошли в число погибших. Несмотря на это, очевидно, что остальные виды с высокой долей вероятности являются потенциальными жертвами рыболовов-любителей, так как большинство этих птиц неминуемо погибнет, если бы им на помощь не пришли люди. Такое высокое таксономическое разнообразие – редкое явление в системе видов рыболовства. Например, при оценке глобального прилова на промыслах жаберными сетями, которые представляют наибольшую угрозу для морских птиц, всего зарегистрировали 81 вид [Žydelis et al., 2013], а на коммерческих траловых промыслах в Мировом океане в прилове отме-

чены 37 видов в Южном полушарии и 21 – в Северном [Phillips et al., 2024].

Количество видов, соприкасавшихся со снастями рыбаков-любителей, существенно пополнилось за счет сухопутных птиц (23 из 74), что не свойственно морским рыболовным промыслам. В значительной мере это связано с загрязнением береговой зоны водоемов обрывками лески, которые выбрасывают рыбаки. Не только водоплавающие и околотовные, но также типично наземные птицы нередко запутываются в них, травмируются и погибают. Из 407 зарегистрированных контактов 115 произошли с оставленными кусками лески и плетеного шнура, и в 70 из них фигурировали сухопутные виды птиц.

Монофильные рыболовные лески, потерянные или выброшенные на водоемах, сохраняют угрозу для животных длительный период времени, так как для их разложения требуется 600 лет [Scully, 2022]. В иностранной литературе есть немало описаний, как в обрывки лески попадались птицы из самых разных экологических групп, что приводило к серьезным травмам или смерти [Poly, 2020]. При запутывании ногами леска туго перетягивает конечности, приводя к некрозу и их потере; на клюве – лишает птицу возможности кормиться; на крыльях – отнимает способность летать, делая птицу уязвимой для хищников и обрекая на голод.

Наряду с обрывками лески большую опасность представляют потерянные рыбачками-спиннингистами плавающие воблеры, внешне похожие на рыбу. Дрейфуя по вод-

ной поверхности, они становятся объектом нападения хищных птиц – ихтиофагов, в результате чего они сами попадают в плен рыболовных снастей. В популярных местах такой рыбалки количество оборванных воблеров просто впечатляет – например, на Рыбинском водохранилище находили до 30 штук на двухкилометровом участке побережья [Бабушкин, 2014].

В районах активного любительского рыболовства леска вместе с другими фрагментами снастей является одним из основных источников загрязнения окружающей среды. Для решения данной проблемы за рубежом разворачивают программы по сбору и утилизации рыболовных снастей. С этой целью по берегам устанавливают специальные контейнеры для отходов, в результате чего на водоемах значительно снижается количество лесок, оставленных рыбаками [Carleton et al., 2019].

Птицы зачастую используют куски лески в выстилке своих гнезд, что может нанести вред как родителям, так и птенцам. На Камчатке, например, у мелких воробьиных птиц рыболовную леску находили в 2,8% гнезд чечевицы *Carpodacus erythrinus*, в 3,5% – овсянки-ремеза *Ocyris rusticus* и в 6,6% – камышовой овсянки *Schoeniclus schoeniclus* [Герасимов, 2011, 2016; Герасимов и др., 2018].

Кроме того, в результате потери снастей множество грузил и других элементов с содержанием свинца остается в водоемах и становится причиной отравления водоплавающих птиц. В мире известно более 30 видов, для которых документально подтверждено заглатывание свинцовых рыболовных снастей, а в Северной Америке риски отравления свинцом предполагают для 75 видов [Grade et al., 2019]. Водоплавающие птицы заглатывают осевшие на дно грузила, принимая их за пищу или камешки, необходимые для переваривания

растительных волокон; и даже одно свинцовое грузило, попавшее в желудок птицы, может вызвать у нее острое отравление [Scheuhammer, Norris, 1995]. Установлено, что загрязнение водоемов свинцовыми рыболовными снастями привело к тяжелым последствиям для популяций черноклювой гагары *Gavia immer* в США [Grade et al., 2018] и лебедя-шипуна в Великобритании [Wood, Newth, 2024]. Учитывая высокую опасность изделий из свинца не только для диких животных, но и для здоровья человека, страны Евросоюза и некоторые другие государства поэтапно переходят на нетоксичные материалы при изготовлении снастей, используемых рыбаками-любителями [Борейко, 2019; Grade et al., 2019].

Наконец, любительское рыболовство, как и большинство других видов активного рекреационного отдыха на природе, неизбежно приводит к беспокойству птиц в местах их обитания. Сильнее всего от этого страдают водоплавающие в период гнездования. Рыбаки часто используют плавсредства, на которых пробираются в самые укромные и недоступные с берега участки водоемов, служащие убежищем для птиц. Результаты зарубежных исследований показывают, что деятельность рыболовов-любителей может существенно снижать успешность размножения и численность локальных популяций разных видов водоплавающих птиц, а их воспроизводство улучшается после прекращения рыбалки на водоеме [Liddle, Scorgie, 1980; Lewin et al., 2006; Huddart, Stott, 2019].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, практически любой вид птиц, обитающий вблизи пресных водоемов и морских побережий, где популярна любительская рыбалка, рискует оказаться в рыболовных снастях. Наибольшей

опасности подвергаются водоплавающие и околоводные птицы, а из сухопутных – рыбацкие хищники и синантропные виды, населяющие прибрежную зону городских и пригородных водоемов. В России этой проблеме никогда не уделяли специального внимания, поэтому она остается совершенно не изученной. Результаты представленного обзора по материалам печатных изданий и интернет-ресурсов впервые определенно указывают на существование конфликта между увлечением рыбаков-любителей и необходимостью сохранения популяций птиц. Помимо проведения целенаправленных исследований первым шагом на пути решения данной проблемы должно стать повышение осведомленности рыбацкого сообщества о потенциальных негативных последствиях для птиц и окружающей среды в целом, а также о правилах поведения на рыбалке, которые отражены в кодексе любительского/рекреационного рыболовства под эгидой Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН [European Inland Fisheries Advisory Commission, 2008]: 1) не загрязнять окружающую среду; 2) избегать беспокойства водоплавающих птиц, особенно на лодках, в местах гнездования; 3) сводить к минимуму использование свинцовых грузил.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность коллегам Руслану Матрозису (Латвийское орнитологическое общество) и Евгению Шергалину (Мензбирское орнитологическое общество) за помощь, оказанную при подготовке статьи.

Работа выполнена в рамках государственного задания КФ ТИГ ДВО РАН по темам «Структурно-функциональная организация, динамика и продуктивность назем-

ных и прибрежных экосистем на Дальнем Востоке РФ. Разработка научных основ и экономических инструментов устойчивого природопользования» и «Исследование и сохранение уникального морского биоразнообразия Камчатки» (№ гос. регистрации 124012700496-4 и 124093000049-8).

ЛИТЕРАТУРА

- Аракелянц В.С., Березовиков Н.Н. 2006. Материалы к фауне птиц казахстанской части Терской Алатау (Центральный Тянь-Шань). *Русский орнитологический журнал*. Т. 15. Вып. 321. С. 543–563.
- Артюхин Ю.Б., Ковалева В.М. 2025. О гибели птиц при любительском и спортивном рыболовстве крючковыми снастями. *Русский орнитологический журнал*. Т. 34. Вып. 2552. С. 3147–3149.
- Ашмарина Ю.Б. 2018. Питание белошеких казарок *Branta leucopsis* корневищами тростника *Phragmites australis* на южном берегу Финского залива. *Русский орнитологический журнал*. Т. 27. Вып. 1701. С. 5829–5832.
- Бабушкин М.В. 2014. Экологические акции: Реальная помощь, а не сочувствие... *Остров спасения*. Вып. 3 (7). Череповец: ООО «Издательский дом – Принт». С. 4–5.
- Барабанов В.В. 2017. Оценка влияния любительского рыболовства на водные биологические ресурсы и разработка мер по его регулированию в условиях Волго-Каспийского бассейна (Астраханская область). *Диссертация ... канд. биол. наук*. Новосибирск: НГАУ. 141 с.
- Березовиков Н.Н. 2018. Случай заглатывания серой цаплей *Ardea cinerea* рыболовного крючка с наживкой. *Русский орнитологический журнал*. Т. 27. Вып. 1631. С. 3107–3108.

- Бескаравайный М.М. 2008. Птицы морских берегов Южного Крыма. Симферополь: Н. Орианда. 160 с.
- Борейко В.Е. 2019. Свинцовые грузила необходимо запретить! Экологические проблемы и пути их разрешения. *Гуманитарный экологический журнал*. Т. 21. Вып. 4. С. 12–15.
- В Саратове операция над проглотившим рыболовный крючок бакланом закончилась печально. 2023. URL: <https://saratov.mk.ru/incident/2023/07/11/v-saratove-operaciya-nad-proglotivshim-rybolovnyu-kryuchok-baklanom-zakonchilas-pechalno.html> (дата обращения: 01.09.2025).
- Герасимов Ю.Н. 2011. Обыкновенная чечевица *Carpodacus erythrinus* на Камчатке. *Естественные и технические науки*. № 2. С. 87–89.
- Герасимов Ю.Н. 2016. Материалы по биологии камышовой овсянки *Schoeniclus schoeniclus* на Камчатке. *Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Современные проблемы зоологии и паразитологии»*. Воронеж: Изд. дом ВГУ. С. 59–62.
- Герасимов Ю.Н., Герасимов Н.Н., Бухалова Р.В. 2018. Овсянка-ремез на Камчатке. *Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 25-летию Союза охраны птиц России*. Москва; Махачкала: АЛЕФ. С. 18–21.
- Елсуков С.В. 2013. Птицы Северо-Восточного Приморья: Неворобьиные. Владивосток: Дальнаука. 536 с.
- Инцидент Нижний Тагил. 2025. URL: <https://dzen.ru/b/Z-OYJV7NbWHsNcCa?sid=2856085778651473> (дата обращения: 01.09.2025).
- Коржок Д. 2022. В Волгограде погиб спасенный в Ленинском районе лебедь. URL: <https://v1.ru/text/animals/2022/01/16/70379450/> (дата обращения: 01.09.2025).
- Коротков С. 2023. Рыбаки ловили рыбу, а поймали... утку! URL: <https://www.youtube.com/watch?v=NvcMFrySmLQ#bottom-sheet> (дата обращения: 01.09.2025).
- Коршунова Е.Н., Волков А.Е., Коршунов Е.Н., Суров С.Г. 2022. Некоторые дополнения к сведениям о редких и малочисленных видах птиц в государственном природном биосферном заповеднике «Керженский». В кн. Редкие виды живых организмов Нижегородской области. Вып. 5. Нижний Новгород: НГПУ им. К. Минина. С. 185–193.
- Кошелев А.И., Пересадыко Л.В., Кошелев В.А. 2020. Гибель птиц от антропогенных факторов. *Ремез*. № 93. Алматы: Общество любителей птиц «Ремез». С. 2–4.
- Красная книга Российской Федерации. 2021. Том «Животные». 2-ое издание. Москва: ВНИИ Экология. 1128 с.
- Мерзликин И.Р., Шевердюкова А.В., Савостян В.М. 2007. Рыболовная леска – причина гибели некоторых птиц. *Беркут*. Т. 16. Вып. 2. С. 183.
- Нереальный случай на рыбалке. 2025. URL: <https://www.youtube.com/shorts/57QT9uskKY0> (дата обращения: 01.09.2025).
- Резов С. 2024. Жертвы рыбацкого мусора. *Родная природа*. № 5. Минск: Міністэрства прыродных рэсурсаў і аховы навакольнага асяроддзя Рэспублікі Беларусь. С. 33.
- Соловьева Ж. 2025. Публикация. URL: <https://www.facebook.com/groups/902909926452051/posts/24263743633275351/> (дата обращения: 01.09.2025).
- Софронов Е. 2020. «Птичку жалко» (белая трясогузка). URL: <https://www.youtube.com/watch?v=CpK8TYW5Pnc> (дата обращения: 01.09.2025).
- Стукальцов А.И., Фетисов С.А. 2008. Рыболовные снасти как причина гибели

- водоплавающих птиц и водных млекопитающих (на примере национального парка «Себежский»). *Материалы общественно-научной конференции с международным участием «Экологические и социальные проблемы Северо-Запада России и стран Балтийского региона»*. Псков: ПГПУ. С. 264–268.
- Тимонова А. 2025. Статистика интернета и социальных сетей России на 2025 год: главные тренды и цифры. URL: <https://www.web-canape.ru/business/statistika-interneta-i-socialnyh-setej-rossii-na-2025-god-glavnye-trendy-i-cifry/> (дата обращения: 01.09.2025).
- Федеральная служба государственной статистики. 2025. Численность постоянного населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2025 года. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/%D0%A1hisl_MO_01-01-2025.xlsx (дата обращения: 01.09.2025).
- Федеральное агентство по рыболовству. 2024. Развитие любительской рыбалки помогает в популяризации внутрироссийского туризма. URL: <https://fish.gov.ru/news/2024/04/10/razvitielyubitelskoj-rybalki-pomogaet-v-populyarizaczii-vnutrirossijskogo-turizma/> (дата обращения: 01.09.2025).
- Фольц А. 2023. На Тагане редкая птица запуталась в рыбацкой леске и погибла. URL: <https://chel.mk.ru/incident/2023/05/15/na-taganae-redkaya-ptica-zaputalas-v-rybackoy-leske-i-pogibla.html> (дата обращения: 01.09.2025).
- Чаликова Е.С. 2023. Способы добывания рыбы майной *Acridotheres tristis* и сорокой *Pica pica*. *Русский орнитологический журнал*. Т. 32. Вып. 2267. С. 355.
- Abraham E. 2021. Capture of protected species in New Zealand recreational marine fisheries. Report prepared for Department of Conservation. Wellington: Dragonfly Data Science. 39 p.
- Abraham E.R., Berkenbusch K.N., Richard Y. 2010. The capture of seabirds and marine mammals in New Zealand non-commercial fisheries. New Zealand Aquatic Environment and Biodiversity Report. № 64. Wellington: Ministry of Fisheries. 52 p.
- Arlinghaus R., Abbott J.K., Fenichel E.P. et al. 2019. Governing the recreational dimension of global fisheries. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 116. № 12. P. 5209–5213. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1902796116>.
- Carleton R.E., McKenzie S., Elsberry E., Klemm C. 2019. Placement of a recycling container and informational signs reduces fishing line and tackle litter at a residential lake: A case study. *Urban Naturalist*. № 25. P. 1–11.
- Dias M.P., Martin R., Pearmain E.J. et al. 2019. Threats to seabirds: A global assessment. *Biological Conservation*. Vol. 237. № 9. P. 525–537. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.06.033>.
- European Inland Fisheries Advisory Commission. 2008. EIFAC code of practice for recreational fisheries. EIFAC Occasional Paper. № 42. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 45 p.
- Grade T., Campbell P., Cooley T. et al. 2019. Lead poisoning from ingestion of fishing gear: A review. *Ambio*. Vol. 48. № 9. P. 1023–1038. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01179-w>.
- Grade T.J., Pokras M.A., Laflamme E.M., Vogel H.S. 2018. Population-level effects of lead fishing tackle on common loons. *Journal of Wildlife Management*. Vol. 82. № 1. P. 155–164. DOI: <https://doi.org/10.1002/jwmg.21348>.
- Huddart D., Stott T. 2019. Outdoor recreation: Environmental impacts and management.

- Gewerbestrasse, Switzerland: Palgrave Macmillan Cham. 466 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-97758-4>.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources). 2025. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2025-1. URL: <https://www.iucnredlist.org> (accessed 01.09.2025).
- Lewin W.-C., Arlinghaus R., Mehner T. 2006. Documented and potential biological impacts of recreational fishing: Insights for management and conservation. *Reviews in Fisheries Science*. Vol. 14. № 4. P. 305–367. DOI: <https://doi.org/10.1080/10641260600886455>.
- Lewin W.-C., Weltersbach M.S., Ferter K. et al. 2019. Potential environmental impacts of recreational fishing on marine fish stocks and ecosystems. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*. Vol. 27. № 3. P. 287–330. DOI: <https://doi.org/10.1080/23308249.2019.1586829>.
- Liddle M.J., Scorgie H.R.A. 1980. The effects of recreation on freshwater plants and animals: A review. *Biological Conservation*. Vol. 17. № 3. P. 183–206. DOI: [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(80\)90055-5](https://doi.org/10.1016/0006-3207(80)90055-5).
- Matrozis R. 2017. Slepkauniecieiskie atkritumi. *Vides Vēstis. Rudens* 3. L. 36–39 (in Latvian).
- Phillips R.A., Fox E., Crawford R. et al. 2024. Incidental mortality of seabirds in trawl fisheries: A global review. *Biological Conservation*. Vol. 296. № 8. Art. № e110720. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110720>.
- Poly W.J. 2020. Mortality of a Baltimore oriole (*Icterus galbula*) from entanglement in fishing line in Ohio, with a compilation of oriole and other avian entanglement records involving fishing lines. *Proceedings of the California Academy of Sciences. Series 4*. Vol. 66. № 14. P. 331–339.
- Scheuhammer A.M., Norris S.L. 1995. A review of the environmental impacts of lead shotshell ammunition and lead fishing weights in Canada. Occasional Paper. № 88. Hull, Quebec: Canadian Wildlife Service. 54 p.
- Scully C. 2022. Reducing fishing line pollution one recycling bin at a time. URL: <https://caseagrant.ucsd.edu/news/reducing-fishing-line-pollution-one-recycling-bin-time> (accessed 01.09.2025).
- Wood K., Newth J. 2024. Swans and lead fishing weights: A systematic review of deposition, impacts and regulations in Europe. *Wildfowl*. Spec. iss. 7. P. 27–56.
- Žydelis R., Small C., French G. 2013. The incidental catch of seabirds in gillnet fisheries: A global review. *Biological Conservation*. Vol. 162. № 6. P. 76–88. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.04.002>.

REFERENCES

- Arakeljants V.S., Berezovikov N.N. 2006. Materials on bird fauna of the Kazakhstan part of Terskei Ala-Too (Central Tien Shan). *Russkiy ornitologicheskij zhurnal (Russian Journal of Ornithology)*. Vol. 15. Iss. 321. P. 543–563 (in Russian).
- Artukhin Yu.B., Kovaleva V.M. 2025. On bird mortality during recreational fishing with hook gear. *Russkiy ornitologicheskij zhurnal (Russian Journal of Ornithology)*. Vol. 34. Iss. 2552. P. 3147–3149 (in Russian).
- Ashmarina Yu.B. 2018. Barnacle geese *Branta leucopsis* eat rhizomes of the common reed *Phragmites australis* on the southern shore of the Gulf of Finland. *Russkiy ornitologicheskij zhurnal (Russian Journal of Ornithology)*. Vol. 27. Iss. 1701. P. 5829–5832 (in Russian).
- Babushkin M.V. 2014. Ecological actions: Real help, not just sympathy... *Ostrov*

- spaseniya (Island of Salvation)*. Iss. 3(7). Cherepovets: "Izdatelskiy dom – Print" Publ. P. 4–5 (in Russian).
- Barabanov V.V. 2017. Assessment of the impact of recreational fishing on aquatic biological resources and development of measures for its regulation in the Volga-Caspian basin (Astrakhan region). *Candidacy dissertation for biological sciences*. Novosibirsk: NGAU. 141 p. (in Russian).
- Berezovikov N.N. 2018. The case of ingestion by the grey heron *Ardea cinerea* fish hook with bait. *Russkiy ornitologicheskiy zhurnal (Russian Journal of Ornithology)*. Vol. 27. Iss. 1631. P. 3107–3108 (in Russian).
- Beskaravayny M.M. 2008. Birds of the sea coasts of the Southern Crimea. Simferopol: N. Orianda Publ. 160 p. (in Russian).
- Boreyko V.E. 2019. Lead sinkers must be banned! Ecological problems and ways to solve them. *Gumanitarny ekologicheskiy zhurnal (Humanitarian Environmental Journal)*. Vol. 21. Iss. 4. P. 12–15 (in Russian).
- In Saratov, the operation on a cormorant that swallowed fishing hook ended sadly. 2023. URL: <https://saratov.mk.ru/incident/2023/07/11/v-saratove-operaciya-nad-proglotivshim-rybolovnyy-kryuchok-baklanom-zakonchilas-pechalno.html> (accessed 01.09.2025) (in Russian).
- Gerasimov Yu.N. 2011. Common rosefinch *Carpodacus erythrinus* in Kamchatka. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki (Natural and Technical Sciences)*. № 2. P. 87–89 (in Russian).
- Gerasimov Yu.N. 2016. Materials on the biology of the common reed bunting *Schoeniclus schoeniclus* in Kamchatka. *Proceedings of the VIII International scientific and practical conference "Modern problems of zoology and parasitology"*. Voronezh: VGU Publ. P. 59–62 (in Russian).
- Gerasimov Yu.N., Gerasimov N.N., Bukhalova R.V. 2018. Rustic bunting in Kamchatka. *Materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 25th anniversary of the Russian Bird Conservation Union*. Moscow; Makhachkala: ALEF. P. 18–21 (in Russian).
- Elsukov S.V. 2013. Birds of the Northeastern Primorye: Non-passerines. Vladivostok: Dalnauka. 536 p. (in Russian).
- Incident Nizhniy Tagil. 2025. URL: <https://dzen.ru/b/Z-OYJV7NbWHsNcCa?sid=2856085778651473> (accessed 01.09.2025) (in Russian).
- Korzhok D. 2022. In Volgograd, a swan rescued in the Leninskiy District died. URL: <https://v1.ru/text/animals/2022/01/16/70379450/> (accessed 01.09.2025) (in Russian).
- Korotkov S. 2023. Fishermen were catching fish, but caught... a duck! URL: <https://www.youtube.com/watch?v=NvcMFrySmLQ#bottom-sheet> (accessed 01.09.2025) (in Russian).
- Korshunova E.N., Volkov A.E., Korshunov E.N., Surov S.G. 2022. Some new data about rare bird species in the "Kerzhenskiy" State Nature Biosphere Reserve. In: *Rare species of living organisms in the Nizhniy Novgorod Region*. Iss. 5. Nizhniy Novgorod: K. Minin's NGPU. P. 185–193 (in Russian).
- Koshelev A.I., Peresadko L.V., Koshelev V.A. 2020. Bird mortality from anthropogenic factors. *Remez (Penduline Tit)*. № 93. Almaty: Obshchestvo lyubiteley ptits "Remez". P. 2–4 (in Russian).
- Red Data Book of the Russian Federation. 2021. Volume "Animals". 2nd edition. Moscow: VNII Ekologiya Publ. 1128 p. (in Russian).
- Merzlikin I.R., Sheverdyukova A.V., Savostyan V.M. 2007. Fishing line as a cause of mortality for some birds. *Berkut (Golden Eagle)*. Vol. 16. Iss. 2. P. 183 (in Russian).

- Unreal fishing incident. 2025. URL: <https://www.youtube.com/shorts/57QT9uskKY0> (accessed 01.09.2025) (in Russian).
- Rezov S. 2024. Victims of fishing garbage. *Rodnaya pryroda (Native Nature)*. № 5. Minsk: Ministerstva pryrodnykh resursau i akhovy navukolnaga asyaroddzya Respubliki Belarus. P. 33 (in Russian).
- Solovyeva Zh. 2025. Publication. URL: <https://www.facebook.com/groups/902909926452051/posts/24263743633275351/> (accessed 01.09.2025) (in Russian).
- Sofronov E. 2020. "Sorry for the bird" (white wagtail). URL: <https://www.youtube.com/watch?v=CpK8TYW5Pnc> (accessed 01.09.2025) (in Russian).
- Stukaltsov A.I., Fetisov S.A. 2008. Fishing gear as a cause of mortality for waterfowl and aquatic mammals (on the example of the "Sebezhiyskiy" National Park). *Proceedings of the public-scientific conference with international participation "Ecological and social problems of the North-West of Russia and the Baltic Sea Region"*. Pskov: PGPU. P. 264–268 (in Russian).
- Timonova A. 2025. Internet and social media statistics in Russia for 2025: key trends and figures. URL: <https://www.web-canape.ru/business/statistika-interneta-i-socialnyh-setej-rossii-na-2025-god-glavnye-trendy-i-cifry/> (accessed 01.09.2025) (in Russian).
- Federal State Statistics Service. 2025. The size of the permanent population of the Russian Federation by municipalities as of 1 January 2025. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/%D0%A1hisl_MO_01-01-2025.xlsx (accessed 01.09.2025) (in Russian).
- Federal Agency for Fisheries. 2024. The development of recreational fishing helps popularize domestic tourism in Russia. URL: <https://fish.gov.ru/news/2024/04/10/razvitie-lyubitelskoj-rybalki-pomogaet-v-populyarizaczii-vnutrirossijskogo-turizma/> (accessed 01.09.2025) (in Russian).
- Folts A. 2023. A rare bird got tangled in fishing line and died on Taganay. URL: <https://chel.mk.ru/incident/2023/05/15/na-taganae-redkaya-ptica-zaputalas-v-rybackoy-leske-i-pogibla.html> (accessed 01.09.2025) (in Russian).
- Chalikova E.S. 2023. Methods of catching fish by the common myna *Acridotheres tristis* and the magpie *Pica pica*. *Russkiy ornitologicheskiy zhurnal (Russian Journal of Ornithology)*. Vol. 32. Iss. 2267. P. 355 (in Russian).
- Abraham E. 2021. Capture of protected species in New Zealand recreational marine fisheries. Report prepared for Department of Conservation. Wellington: Dragonfly Data Science. 39 p.
- Abraham E.R., Berkenbusch K.N., Richard Y. 2010. The capture of seabirds and marine mammals in New Zealand non-commercial fisheries. New Zealand Aquatic Environment and Biodiversity Report. № 64. Wellington: Ministry of Fisheries. 52 p.
- Arlinghaus R., Abbott J.K., Fenichel E.P et al. 2019. Governing the recreational dimension of global fisheries. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 116. № 12. P. 5209–5213. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1902796116>.
- Carleton R.E., McKenzie S., Elsberry E., Klemm C. 2019. Placement of a recycling container and informational signs reduces fishing line and tackle litter at a residential lake: A case study. *Urban Naturalist*. № 25. P. 1–11.
- Dias M.P., Martin R., Pearmain E.J. et al. 2019. Threats to seabirds: A global assessment. *Biological Conservation*. Vol. 237. № 9. P. 525–537. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.06.033>.

- European Inland Fisheries Advisory Commission. 2008. EIFAC code of practice for recreational fisheries. EIFAC Occasional Paper. № 42. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 45 p.
- Grade T., Campbell P., Cooley T. et al. 2019. Lead poisoning from ingestion of fishing gear: A review. *Ambio*. Vol. 48. № 9. P. 1023–1038. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01179-w>.
- Grade T.J., Pokras M.A., Laflamme E.M., Vogel H.S. 2018. Population-level effects of lead fishing tackle on common loons. *Journal of Wildlife Management*. Vol. 82. № 1. P. 155–164. DOI: <https://doi.org/10.1002/jwmg.21348>.
- Huddart D., Stott T. 2019. Outdoor recreation: Environmental impacts and management. Gewerbestrasse, Switzerland: Palgrave Macmillan Cham. 466 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-97758-4>.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources). 2025. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2025-1. URL: <https://www.iucnredlist.org> (accessed 01.09.2025).
- Lewin W.-C., Arlinghaus R., Mehner T. 2006. Documented and potential biological impacts of recreational fishing: Insights for management and conservation. *Reviews in Fisheries Science*. Vol. 14. № 4. P. 305–367. DOI: <https://doi.org/10.1080/10641260600886455>.
- Lewin W.-C., Weltersbach M.S., Ferter K. et al. 2019. Potential environmental impacts of recreational fishing on marine fish stocks and ecosystems. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*. Vol. 27. № 3. P. 287–330. DOI: <https://doi.org/10.1080/23308249.2019.1586829>.
- Liddle M.J., Scorgie H.R.A. 1980. The effects of recreation on freshwater plants and animals: A review. *Biological Conservation*. Vol. 17. № 3. P. 183–206. DOI: [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(80\)90055-5](https://doi.org/10.1016/0006-3207(80)90055-5).
- Matrozis R. 2017. Slepkaivnieciskie atkritumi. *Vides Vēstis*. Rudens 3. L. 36–39 (in Latvian).
- Phillips R.A., Fox E., Crawford R. et al. 2024. Incidental mortality of seabirds in trawl fisheries: A global review. *Biological Conservation*. Vol. 296. № 8. Art. № e110720. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110720>.
- Poly W.J. 2020. Mortality of a Baltimore oriole (*Icterus galbula*) from entanglement in fishing line in Ohio, with a compilation of oriole and other avian entanglement records involving fishing lines. *Proceedings of the California Academy of Sciences. Series 4*. Vol. 66. № 14. P. 331–339.
- Scheuhammer A.M., Norris S.L. 1995. A review of the environmental impacts of lead shotshell ammunition and lead fishing weights in Canada. Occasional Paper. № 88. Hull, Quebec: Canadian Wildlife Service. 54 p.
- Scully C. 2022. Reducing fishing line pollution one recycling bin at a time. URL: <https://caseagrant.ucsd.edu/news/reducing-fishing-line-pollution-one-recycling-bin-time> (accessed 01.09.2025).
- Wood K., Newth J. 2024. Swans and lead fishing weights: A systematic review of deposition, impacts and regulations in Europe. *Wildfowl*. Spec. iss. 7. P. 27–56.
- Žydelis R., Small C., French G. 2013. The incidental catch of seabirds in gillnet fisheries: A global review. *Biological Conservation*. Vol. 162. № 6. P. 76–88. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.04.002>.

Приложение. Таксономический список видов птиц, имевших контакты с крючковыми орудиями лова рыбаков-любителей

Appendix. Taxonomic list of bird species that had contacts with hook-and-line tackle in recreational fishing

Вид	Категории*		Количество наблюдений	
	МСОП	ККРФ	всего особей	в том числе погибших
Отряд Гусеобразные Anseriformes				
Семейство Утиные Anatidae				
Лебедь-шипун <i>Cygnus olor</i>	LC	–	63	3
Белошекая казарка <i>Branta leucopsis</i>	LC	–	1	–
Огарь <i>Tadorna ferruginea</i>	LC	–	4	–
Мандаринка <i>Aix galericulata</i>	LC	5	1	–
Связь <i>Anas penelope</i>	LC	–	1	–
Кряква <i>Anas platyrhynchos</i>	LC	–	38	–
Красноголовый нырок <i>Aythya ferina</i>	VU	–	1	–
Хохлатая чернеть <i>Aythya fuligula</i>	LC	–	2	–
Морская чернеть <i>Aythya marila</i>	LC	–	1	–
Гоголь <i>Bucephala clangula</i>	LC	–	2	–
Гага <i>Somateria mollissima</i>	NT	–	1	–
Длинноносый крохаль <i>Mergus serrator</i>	LC	–	2	–
Большой крохаль <i>Mergus merganser</i>	LC	–	1	1
Отряд Гагарообразные Gaviiformes				
Семейство Гагаровые Gaviidae				
Краснозобая гагара <i>Gavia stellata</i>	LC	–	1	–
Чернозобая гагара <i>Gavia arctica</i>	LC	2	7	1
Отряд Пеликанообразные Pelecaniformes				
Семейство Пеликановые Pelecanidae				
Розовый пеликан <i>Pelecanus onocrotalus</i>	LC	1	1	–
Семейство Баклановые Phalacrocoracidae				
Большой баклан <i>Phalacrocorax carbo</i>	LC	–	19	1
Берингов баклан <i>Phalacrocorax pelagicus</i>	LC	–	2	1
Хохлатый баклан <i>Phalacrocorax aristotelis</i>	LC	2	1	1
Отряд Аистообразные Ciconiiformes				
Семейство Цаплевые Ardeidae				
Волчок <i>Ixobrychus minutus</i>	LC	–	3	–
Кваква <i>Nycticorax nycticorax</i>	LC	–	3	–
Малая белая цапля <i>Egretta garzetta</i>	LC	–	1	–
Серая цапля <i>Ardea cinerea</i>	LC	–	12	1
Рыжая цапля <i>Ardea purpurea</i>	LC	–	1	–
Семейство Аистовые Ciconiidae				
Белый аист <i>Ciconia ciconia</i>	LC	–	1	–
Отряд Поганкообразные Podicipediformes				
Семейство Поганковые Podicipedidae				
Чомга <i>Podiceps cristatus</i>	LC	–	17	2
Красношейная поганка <i>Podiceps auritus</i>	VU	2	1	–
Отряд Соколообразные Falconiformes				
Семейство Скопиные Pandionidae				
Скопа <i>Pandion haliaetus</i>	LC	3	2	–
Семейство Ястребиные Accipitridae				
Черный коршун <i>Milvus migrans</i>	LC	–	9	–
Орлан-белохвост <i>Haliaeetus albicilla</i>	LC	5	3	–
Степной орел <i>Aquila nipalensis</i>	EN	2	1	–
Отряд Журавлеобразные Gruiformes				
Семейство Пастушковые Rallidae				
Камышница <i>Gallinula chloropus</i>	LC	–	4	–
Лысуха <i>Fulica atra</i>	LC	–	3	–

Продолжение таблицы

Continuation of the Table

Вид	Категории*		Количество наблюдений	
	МСОП	ККРФ	всего особей	в том числе погибших
Отряд Ржанкообразные Charadriiformes				
Семейство Кулики-сороки Haematopodidae				
Кулик-сорока <i>Haematopus ostralegus</i>	NT	3	2	1
Семейство Бекасовые Scolopacidae				
Перевозчик <i>Actitis hypoleucos</i>	LC	–	2	2
Чернозобик <i>Calidris alpina</i>	NT	–	1	1
Морской песочник <i>Calidris maritima</i>	LC	–	1	–
Турухтан <i>Philomachus pugnax</i>	LC	–	1	–
Семейство Чайковые Laridae				
Чернохвостая чайка <i>Larus crassirostris</i>	LC	–	2	–
Сизая чайка <i>Larus canus</i>	LC	–	15	1
Тихоокеанская чайка <i>Larus schistisagus</i>	LC	–	3	–
Хохотунья <i>Larus cachinnans</i>	LC	–	12	4
Серебристая чайка <i>Larus argentatus</i>	LC	–	13	–
Монгольская чайка <i>Larus mongolicus</i>	LC	–	4	–
Бургомистр <i>Larus hyperboreus</i>	LC	–	1	–
Черноголовый хохотун <i>Larus ichthyaetus</i>	LC	5	1	–
Озерная чайка <i>Larus ridibundus</i>	LC	–	59	5
Моевка <i>Rissa tridactyla</i>	VU	–	1	–
Речная крачка <i>Sterna hirundo</i>	LC	–	17	–
Полярная крачка <i>Sterna paradisaea</i>	LC	–	1	–
Малая крачка <i>Sterna albifrons</i>	LC	2	1	–
Белошекая крачка <i>Chlidonias hybrida</i>	LC	–	1	–
Белокрылая крачка <i>Chlidonias leucopterus</i>	LC	–	1	–
Черная крачка <i>Chlidonias niger</i>	LC	–	1	–
Семейство Чистиковые Alcidae				
Тонкоклювая кайра <i>Uria aalge</i>	LC	–	1	1
Отряд Голубеобразные Columbiformes				
Семейство Голубиные Columbidae				
Сизый голубь <i>Columba livia</i>	LC	–	14	–
Отряд СOVOобразные Strigiformes				
Семейство Совиные Strigidae				
Ушастая сова <i>Asio otus</i>	LC	–	2	1
Болотная сова <i>Asio flammeus</i>	LC	–	1	–
Отряд Стрижеобразные Apodiformes				
Семейство Стрижиные Apodidae				
Черный стриж <i>Apus apus</i>	LC	–	4	–
Отряд Дятлообразные Piciformes				
Семейство Дятловые Picidae				
Вертишейка <i>Jynx torquilla</i>	LC	–	1	–
Отряд Воробьеобразные Passeriformes				
Семейство Ласточковые Hirundinidae				
Береговушка <i>Riparia riparia</i>	LC	–	5	1
Деревенская ласточка <i>Hirundo rustica</i>	LC	–	2	–
Семейство Трясогузковые Motacillidae				
Белая трясогузка <i>Motacilla alba</i>	LC	–	1	1
Семейство Мухоловковые Muscicapidae				
Каменка <i>Oenanthe oenanthe</i>	LC	–	1	–
Семейство Дроздовые Turdidae				
Рябинник <i>Turdus pilaris</i>	LC	–	1	–

Окончание таблицы

The end of the Table

Вид	Категории*		Количество наблюдений	
	МСОП	ККРФ	всего особей	в том числе погибших
Семейство Врановые Corvidae				
Сойка <i>Garrulus glandarius</i>	LC	–	2	–
Сорока <i>Pica pica</i>	LC	–	5	1
Галка <i>Corvus monedula</i>	LC	–	4	1
Грач <i>Corvus frugilegus</i>	LC	–	2	–
Серая ворона <i>Corvus cornix</i>	LC	–	7	–
Семейство Скворцовые Sturnidae				
Скворец <i>Sturnus vulgaris</i>	LC	–	1	–
Семейство Вьюрковые Fringillidae				
Зяблик <i>Fringilla coelebs</i>	LC	–	1	–
Щегол <i>Carduelis carduelis</i>	LC	–	1	–
Семейство Овсянковые Emberizidae				
Красноухая овсянка <i>Emberiza cioides</i>	LC	–	1	–
Все виды			407	31

* Категории глобального статуса в Красном списке МСОП [IUCN, 2025]: EN – исчезающий, VU – уязвимый, NT – находящийся в состоянии, близком к угрожаемому, LC – не вызывающий опасения. Категории статуса редкости объектов животного мира в Красной книге Российской Федерации [2021]: 1 – находящийся под угрозой исчезновения, 2 – сокращающийся в численности и/или распространении, 3 – редкий, 5 – восстанавливаемый и восстанавливающийся, прочерк – не включен

* Global status categories on the IUCN Red List [IUCN, 2025]: EN – endangered, VU – vulnerable, NT – near threatened, LC – least concern. Categories of the rarity status of wildlife objects in the Red Book of the Russian Federation [2021]: 1 – endangered, 2 – declining in number and/or distribution, 3 – rare, 5 – recoverable and recovering, dash – not included

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Артюхин Юрий Борисович – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 683024, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, руководитель лаборатории орнитологии; artukhin61@mail.ru. SPIN-код: 4796-9800; Author ID: 84820; Researcher ID: J-6175-2018; Scopus Author ID: 6506525621; ORCID ID: 0000-0001-5881-8487.

Artukhin Yuri Borisovich – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS; 683024, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Head of Laboratory of Ornithology; artukhin61@mail.ru. SPIN-code: 4796-9800; Author ID: 84820; Researcher ID: J-6175-2018; Scopus Author ID: 6506525621; ORCID ID: 0000-0001-5881-8487.

Статья поступила в редакцию 14.09.2025; одобрена после рецензирования 19.09.2025; статья принята к публикации 22.09.2025.

The article was submitted 14.09.2025; approved after reviewing 19.09.2025; accepted for publication 22.09.2025.

Для цитирования: Артюхин Ю.Б. 2025. Проблема взаимодействия птиц и любительского рыболовства: обзор по материалам печатных изданий и интернет-источников. Вестник Камчатского государственного технического университета. Вып. 73. С. 54–74. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2025-73-54-74>.

For citation: Artukhin Yu.B. 2025. The problem of bird interactions with recreational fishing: a review based on print and online sources. Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University). Iss. 73. P. 54–74 (in Russian). <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2025-73-54-74>.

Научная статья

УДК 57.084.2 + 599.745.31

DOI: 10.17217/2079-0333-2025-73-75-86

**ИССЛЕДОВАНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТЫ СЛИЯНИЯ МЕЛЬКАНИЙ
У СЕРЫХ ТЮЛЕНЕЙ (*HALICHOERUS GRYPUS* FABRICIUS, 1791)
В УСЛОВИЯХ НЕВОЛИ**

Пахомов М.В., Зайцев А.А.

Мурманский морской биологический институт РАН, г. Мурманск, ул. Владимирская, 17.

Группу из 10 серых тюленей (*Halichoerus grypus* Fabricius, 1791) разного пола и возраста обучили выбирать и обозначать касанием один из двух демонстрируемых аналогичных источников света. Животные должны были касаться объекта с мелькающим светом и игнорировать постоянно светящийся объект. Для определения околороговых значений восприятия частоту мелькания постепенно увеличивали, до момента, когда доля верных выборов не снижалась ниже 75%. В ходе эксперимента установлено, что исследованные тюлени способны различать мелькания в диапазоне 23–47 вспышек в секунду. Выявлены индивидуальные особенности, зависимость от уровня освещенности, времени года и возраста.

Ключевые слова: аквакомплекс ММБИ, критическая частота слияния мельканий, поведенческий эксперимент, серый тюлень, *Halichoerus grypus*.

Original article

**INVESTIGATION OF THE CRITICAL FREQUENCY OF FLICKER FUSION
IN GRAY SEALS (*HALICHOERUS GRYPUS* FABRICIUS, 1791) IN CAPTIVITY**

Pakhomov M.V., Zaytsev A.A.

Murmansk Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences, Murmansk, Vladimirskaia Str. 17.

A group of 10 gray seals (*Halichoerus grypus* Fabricius, 1791) of different sexes and ages were trained to select and indicate by touch one of two demonstrated similar light sources. The animals had to touch an object with a flashing light and ignore the constantly glowing object. To determine near the threshold values of perception, the frequency of flickering was gradually increased until the proportion of correct choices did not decrease below 75%. During the experiment, it was found that the seals studied are able to distinguish flashes in the range of 23–47 flashes per second. Individual features, dependence on the level of illumination, time of year and age are revealed.

Key words: MMBI aquatic complex, critical frequency of flicker fusion, behavioral experiment, Gray seal, *Halichoerus grypus*.

ВВЕДЕНИЕ

Критическая частота слияния мельканий (КЧСМ) определяется временным разрешением зрительной системы и тесно связана с активностью коры головного мозга [Muth et al., 2023]. Применение методов КЧСМ в медицине и ветеринарии позволяет диагностировать такие заболевания, как катаракта [Xu et al., 2022], повреждение сетчатки [Mankowska et al., 2021] и различные невроты [Lencastre et al., 2025]. Тест КЧСМ применяется как один из критериев профпригодности водолазов [Ozyigit, Egi, 2014], так как хорошо демонстрирует уровень бдительности, когнитивных способностей [Piispanen et al., 2021] и утомляемости [Muth et al., 2025]. Поведенческие методы определения КЧСМ по точности результатов идентичны инструментальным методам [Mankowska et al., 2021], при этом крайне просты в реализации [Railton et al., 2009] и хорошо поддаются автоматизации [Eisen-Enosh et al., 2017]. Поэтому определение КЧСМ у ластоногих может служить одним из критериев состояния здоровья и уровня когнитивных процессов. Учитывая большой объем данных об изменениях КЧСМ у водолазов [Ozyigit, Egi, 2014; Piispanen et al., 2021] и амфибионтный образ жизни ластоногих, представляет интерес сравнение данных изменений КЧСМ у человека и тюленя при погружениях.

Другим направлением может являться возможность работы ластоногих с разного рода мониторами, которые позволяют демонстрировать исследуемому животному различные зрительные стимулы для исследования как сенсорных, так и когнитивных способностей животного [Baldauf et al., 2008; Chouinard-Thuly et al., 2017; Roberts et al., 2023].

Существуют исследования, в ходе которых морских млекопитающих обучали

интерактивному взаимодействию с изображением на мониторе [Herman et al., 1990; Roberts et al., 2023; Winship et al., 2024], но исследования КЧСМ тюленей представлены довольно скудно. Нам удалось обнаружить только одну работу [Bernholz, Matthews, 1975], где исследовалось КЧСМ одной особи гренландского тюленя при разной яркости источников света.

Также многие ластоногие содержатся в океанариумах и реабилитационных центрах в условиях искусственного освещения, которое, при питании от сети переменного тока на частотах 50 или 60 Гц, может мерцать с частотой 100–120 Гц, оказывая негативное влияние на тюленей, если их КЧСМ выше данных частот [Inger et al., 2014].

Целью настоящего исследования являлось определение способности ластоногих, на примере группы серых тюленей, различать мелькающий источник света от постоянного, а также выявление критической частоты слияния мельканий (КЧСМ) при постоянной яркости в различных условиях освещенности и в разные сезоны года. Полученные данные будут использованы для оценки перспектив дальнейших исследований в данной области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на аквакомплексе ММБИ в период с августа 2024 г. по июль 2025. Подопытными животными выступали 10 особей серого тюленя (*Halichoerus grypus* Fabricius, 1791) разного возраста и пола. Тюлени под номерами 1–4 – самки в возрасте 19 лет. Тюлени под номерами 5–7 – самки в возрасте 8 лет. Тюлени под номерами 8–10 – самцы в возрасте 8; 5 лет и 2 года.

Все тюлени принадлежат к одной популяции, так как тюлени № 1–4 были отловлены на острове Большой Кий в 2005 г.,

тюлени № 5–8 были отловлены на том же острове в 2016 г. Тюлени № 9 и № 10 были рождены на аквакомплексе самкой № 3 в 2019 и 2021 гг., отцом обоих тюленей являлся дикий самец.

Все животные ранее участвовали в научных и научно-практических работах и были обучены работе с бридж-сигналом, командам «Таргет» и «Ищи». Также тюлени № 1–8 участвовали в работах по парадигмам «стимул – реакция» и «вынужденный выбор из двух». На момент начала исследования все животные были здоровы и имели высокую пищевую мотивацию. Тюлени содержались в открытых вольерах на акватории Кольского залива. Условия содержания максимально приближены к естественным, что позволяет животным подвергаться воздействию факторов, аналогичных тем, с которыми сталкиваются их дикие сородичи. В доказательство можно привести тот факт, в Кольском заливе на острове Сальном, нами была зарегистрирована лежка диких серых тюленей численностью до 50 особей [Зайцев и др., 2023].

Исследование подразделялось на два этапа. На первом этапе тюленей обучали выбирать и отмечать касанием из двух одновременно демонстрируемых светящихся объектов мелькающий объект и игнорировать объект с постоянным светом. Взаимоположение мелькающего и постоянного объектов менялось в псевдослучайном порядке в соответствии с критериями рядов Геллемана [Jadoul et al., 2023], основными из которых были: не более двух одинаковых позиций подряд и равное распределение каждого стимула на каждую позицию, чтобы избежать привязки к позиции подкрепляемого стимула. На данном этапе частота мелькания составляла 4 вспышки в секунду. На каждой тренировке с тюленем проводили по 20 выборов. На следующий этап переходили, когда доля вер-

ных выборов, за три тренировки подряд, равнялась или была выше 75%, что по биномиальному распределению соответствовало критерию неслучайного выбора для данной ($n = 20$) выборки.

На втором этапе частота мелькания постепенно увеличивалась, пока не достигала предельного значения, после которого доля верных выборов снижалась ниже 75%. Исследование проводили по методике, предложенной Уэзериллом и Левиттом [Wetherill, Levitt, 1965] и позднее доработанной Рейлтоном и соавторами [Railton et al., 2009], когда каждое значение предъявляется два раза подряд, если тюлень делал верный выбор, то значение увеличивалось на 1 единицу, если тюлень ошибался, то значение уменьшалось на 1 единицу (в случае данного исследования на 1 вспышку в секунду). Критической частотой слияния мельканий считалась та частота, доля верных выборов на которой была выше или равна 75%, а при увеличении частоты мелькания (на единицу) доля верных выборов снижалась ниже 75%. Взаимоположение мелькающего и постоянного объектов также менялось в псевдослучайном порядке в соответствии с критериями рядов Геллемана. В первом опыте, в серии определения критической частоты слияния мельканий, начинали с четырех вспышек в секунду и постепенно доводили частоту вспышек до критического значения, в последующих опытах определение начинали с частоты вспышек на пять значений ниже полученной ранее критической частоты.

Для проведения исследования была разработана и создана экспериментальная установка (рис. 1).

Оператор перед каждым опытом убеждался в работоспособности исследуемого тюленя, размещал систему на вольере, помещал куски рыбы в контейнеры системы подачи корма, на смартфоне выбирал

в приложении аккаунт соответствующего тюленя и запускал опыт. Система под управлением микроконтроллера (рис. 1, Б, 1.1) по каналу Bluetooth (рис. 1, Б, 1.7) получала данные о последовательности чередования стимулов, начальной частоты мелькания и проценте проводимости для каждой частоты мелькания. На мелькающий объект система устанавливала на соответствующем диммере (рис. 1, Б, 1.2) соответствующий процент проводимости и подавала на соответствующий ключ (рис. 1, Б, 1.4) импульсы соответствующей частоты, которые после усиления поступали на соответствующий светодиод (рис. 1, А, 3; 1, Б, 3). На постоянно светящийся объект система устанавливала на соответствующем диммере процент проводимости из таблицы и подавала постоянный сигнал на соответствующий ключ. Затем система начинала отслеживать состояние ключей на рычагах (рис. 1, А, 2; 1, Б, 2). Если один из ключей

замыкался из-за касания тюленя, то, если он соответствовал мелькающему объекту, система с помощью динамика (рис. 1, Б, 1.5) подавала бридж-сигнал положительного подкрепления (один звук чистого тона на частоте 3 200 Гц продолжительностью 0,5 с) и через 1 с подавала сигнал на систему подачи корма, которая выдавала тюленю порцию пищевого поощрения. Если замыкался ключ, соответствующий постоянно светящемуся объекту, то система подавала бридж-сигнал наказания (два звука чистого тона на частоте 1 200 Гц каждый продолжительностью 0,1 с с промежутком в 0,25 с) и без пищевого поощрения переходила к следующему циклу. После 10 успешных выборов, когда контейнеры системы подачи корма пустели, система останавливала работу и подавала сигнал оператору о необходимости заполнения контейнеров порциями пищевого поощрения.

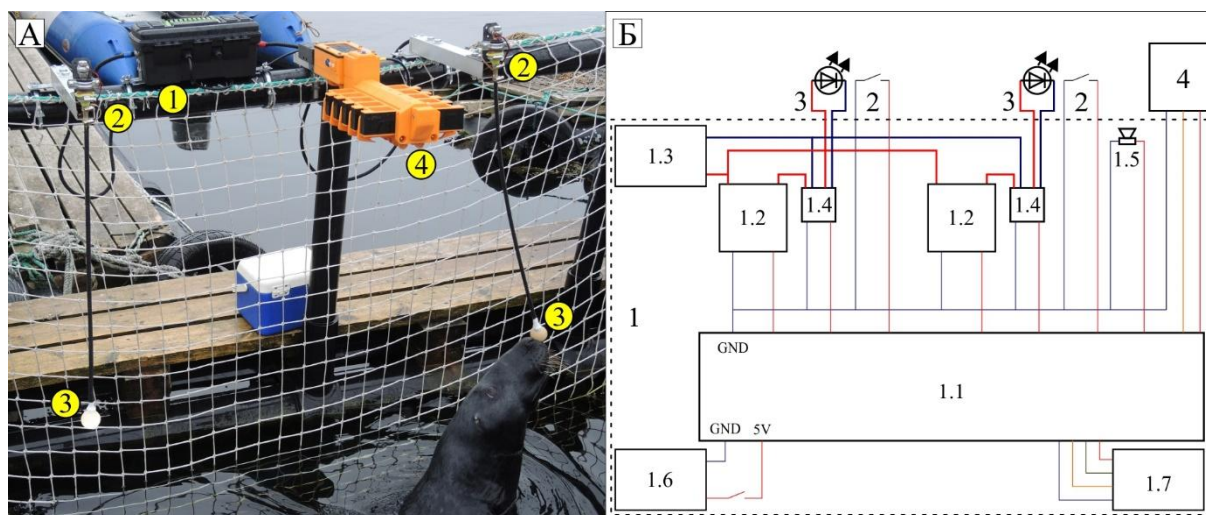


Рис. 1. Общий вид (А) и схема экспериментальной установки (Б). 1 – блок управления: 1.1 – микроконтроллер Arduino UNO R3; 1.2 – аналоговый диммер под цифровым управлением; 1.3 – источник питания на 3.3 В; 1.4 – силовой транзисторный ключ; 1.5 – динамик для подачи бридж-сигналов; 1.6 – источник питания на 5 В; 1.7 – модуль Bluetooth HC-05; 2 – ключ-рычаг для взаимодействия с тюленем; 3 – светорассеивающий шар со светодиодом; 4 – автоматическая система подачи рыбкорма

Fig. 1. General view (A) and experimental installation scheme (Б). 1 – control unit: 1.1 – Arduino UNO R3 microcontroller; 1.2 – analog dimmer under digital control; 1.3 – 3.3 V power supply; 1.4 – power transistor switch; 1.5 – speaker for bridge signals; 1.6 – 5V power supply; 1.7 – HC-05 Bluetooth module; 2 – lever key for interacting with the seal; 3 – light scattering ball with LED; 4 – automatic fish feed feeding system

Для каждой частоты мерцания и соответствующего постоянно светящегося объекта подбирали свое значение проводимости на цифровых потенциометрах так, чтобы яркость обоих светодиодов за один такт составляла 300 кд/м². Для этого сначала два датчика освещенности на основе фоторезистора откалибровывали с помощью цифрового люксметра СЕМ DT-1208. Затем их разместили напротив светорассеивающих шаров со светодиодом, система сверяла показатели яркости с процентом проводимости и корректировала его так, чтобы яркость обоих фонарей была одинаковая за 1 такт и составляла 300 кд/м², полученные результаты система отправляла на смартфон, который формировал таблицу значений проводимости для каждой частоты мелькания.

С каждым тюленем проводили по 10 опытов (20 выборов на каждой) в сентябре 2024 г. и мае 2025 г., когда на широте Мурманска четко выражена смена дня и ночи. Опыты проводили утром, за 1 час до рассвета, и вечером, сразу после заката. По 10 опытов – в декабре 2024 г. в условиях полярной ночи один раз в день, в 7:00. В данных опытах не участвовала самка № 3 в связи с родами и последующим выкармливанием щенка. По 10 опытов – в июне 2025 г., в условиях полярного дня в 20:00. Перед каждым опытом проводили измерение освещенности с помощью цифрового люксметра СЕМ DT-1208.

Исследования проводили при отсутствии природных и антропогенных явлений, способных повлиять на результаты эксперимента, таких как дождь или снег, сильный ветер и волны, проводимые на акватории хозяйственные работы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Все тюлени прошли обучение за август 2024 г., результаты представлены на ри-

сунке 2. Тюлень № 1 уже на первой тренировке показал результат 85%, две остальные тренировки тюлень ошибок выбора не совершал. Тюлени под номерами 2, 4, 7 и 8 достоверный результат продемонстрировали на второй тренировке, при этом тюлень № 8 на последующих тренировках ошибок не совершал. Тюлени под номерами 5, 6, и 9 достоверный результат продемонстрировали на третьей тренировке. Тюлень № 3 достоверный, но относительно низкий результат продемонстрировал на четвертой тренировке. Такая скорость обучения была не характерна для данного тюленя, так как в ходе предыдущих научных работ тюлень демонстрировал скорость обучения, схожую с группой его сверстников (тюлени № 1–4). Снижение скорости обучения можно объяснить беременностью исследуемого тюленя, подобные случаи снижения внимания описаны у беременных под влиянием гормонов, влияющих на работу нервной системы [Barda et al., 2021; Younis et al., 2025]. Тюлень № 10 продемонстрировал низкую скорость обучения, показав достоверный результат в 90% только на четвертой тренировке, но на следующей показал явно случайный результат в 45% верных выборов. На шестой и последующих двух тренировках тюлень продемонстрировал достоверные, но относительно низкие результаты. Такую низкую скорость обучения и большое количество неверных выборов, которые были равномерно распределены в каждой тренировке, можно объяснить тем, что данный тюлень ранее участвовал только в одном исследовании, где был обучен работать по парадигме «стимул – реакция» на последовательно предъявляемые стимулы одной модальности. Остальные тюлени, особенно 19-летние самки (тюлени № 1–4), ранее участвовали в работах по парадигме «принудительный выбор

из двух», в ходе которых выработали соответствующие навыки, в первую очередь навык концентрации на выполняемой работе.

Второй этап начали со второй недели сентября 2024 г. (рис. 3), с тюленями провели по пять опытов ежедневно во время утренних сумерек, за час до восхода солнца, и по пять опытов во время вечерних су-

мерек сразу после захода солнца. В схожих условиях по пять утренних и пять вечерних опытов провели в начале мая 2025 г. Освещенность на уровне демонстрируемых объектов находилась в диапазоне 40–50 лк как на утренних, так и на вечерних тренировках и зависела от степени облачности.

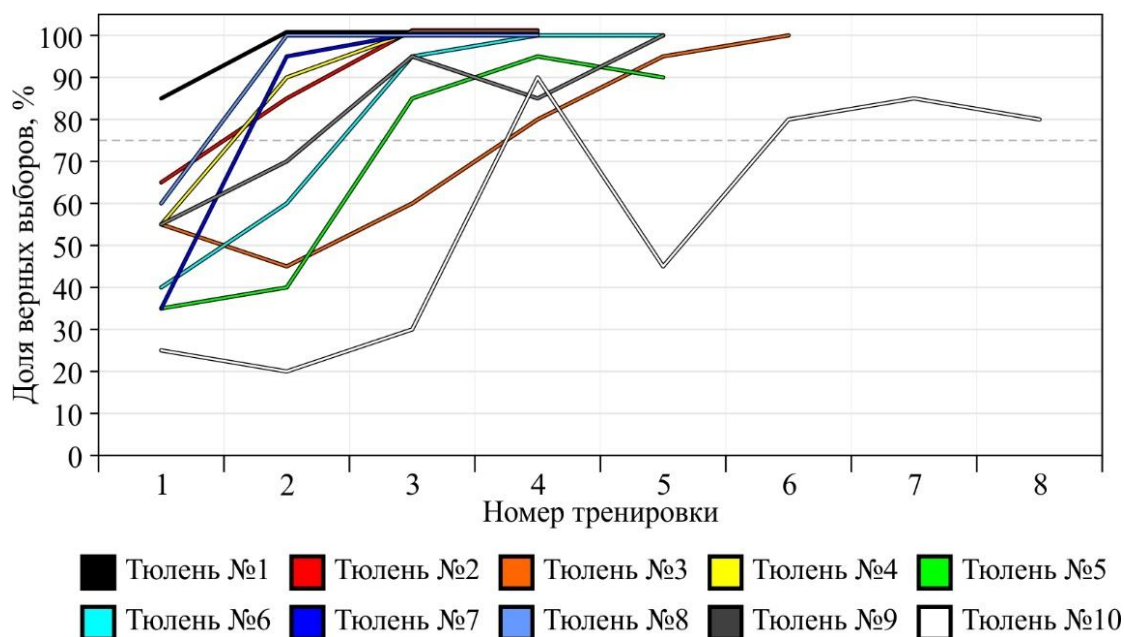


Рис. 2. Результаты обучения тюленей дифференцировать мелькающий источник света от постоянного

Fig. 2. The results of training seals to differentiate a flickering light source from a permanent one

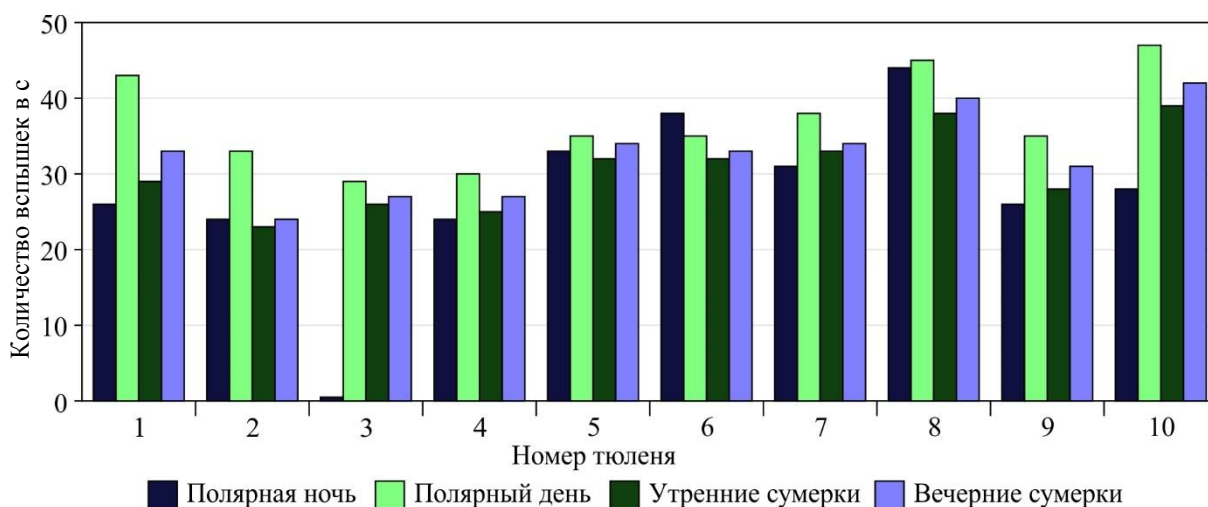


Рис. 3. Средние значения критической частоты слияния мельканий

Fig. 3. Average values of the critical frequency of flicker fusion

Результаты утренних опытов, проведенных в сентябре (критерий Краскела – Уоллиса ($p = 0.01$)) не отличались от опытов, проведенных в мае, также не было отличий между вечерними опытами. Достоверные отличия были зафиксированы между опытами, проводимыми утром и вечером: в ходе опытов, проводимых вечером, все тюлени демонстрировали более высокие значения КЧСМ. Стоит отметить, что на всем периоде исследования разброс значений в аналогичных выборках фактически отсутствовал, тюлени во время первого опыта доходили до определенной частоты и в следующих опытах серии крайне редко показывали иной результат.

Следующую серию опытов проводили в декабре 2024 г. в период полярной ночи, один раз в сутки, в 7:00, освещенность на уровне демонстрируемых объектов составляла менее 1 лк как в пасмурную, так и в ясную погоду. При полной луне исследования не проводились из-за погодных условий. В данной серии опытов не участвовала 19-летняя самка (тюлень № 3) в связи с родами и последующем выкармливании щенка. КЧСМ у тюленей по номерам 2, 4, 5 и 7 была на уровне или незначительно ниже, чем результаты осенних и весенних опытов. У тюленей № 1, 9 и 10 КЧСМ была значительно ниже, чем результаты осенних и весенних опытов. У тюленей № 6 и № 8 КЧСМ была выше результатов осенних и весенних опытов, что можно объяснить влиянием половых гормонов на активность нервной системы [Greig et al., 2007; McEwen, Milner, 2017; Pillerova et al., 2022], так как именно в это время у серых тюленей период гона [Cameron, 1970]. У тюленей № 6 (8-летней самки) и тюленя № 8 (8-летний самец) с начала декабря наблюдались ярко выраженные изменения в поведении. Также на одном из опытов было зафиксировано возрастание

КЧСМ на 2–3 вспышки в секунду у тюленей под номерами 1, 2, 5, 7 и 8, когда опыты проводились в 7:00 через два часа после прекращения сильного двухдневного шторма, остальные тюлени в этот день работать отказались.

Серию опытов в условиях полярного дня проводили с начала июля один раз в день, в 20:00. Освещенность на уровне демонстрируемых объектов составляла 950–1 000 лк в пасмурную погоду и 1 300–1 400 лк в ясную. При падении прямых солнечных лучей на демонстрируемые объекты на вольеры устанавливались шторы для создания тени, освещенность в тени составляла 1 200–1 300 лк. У всех тюленей, кроме 8-летней самки (тюлень № 6), КЧСМ была выше, чем результаты, полученные в ходе осенних, зимних и весенних опытов. У тюленя № 6 КЧСМ была выше, чем результаты утренних и вечерних осенних и весенних тренировок, но ниже результатов, полученных во время зимних опытов. Такие высокие показатели, вероятно, связаны с более высокой активностью головного мозга в период полярного дня [Arendt, 2012], а также работой преимущественно колбочкового механизма зрения из-за высокого круглосуточного освещения [Rubin, Kraft, 2007].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показало, что серые тюлени способны отличить мелькающий источник света от постоянно светящегося. Обучение дифференцировке занимает в среднем 40–80 предъявлений, некоторые животные способны обучиться за меньшее количество предъявлений, другим требуется больше. Скорость обучения зависит от подготовленности тюленя, и в первую очередь от уровня способности концентрироваться на выполняемой работе.

Диапазон КЧСМ у тюленей составляет 23–47 вспышек в секунду, что характерно для млекопитающих соответствующего размера [Healy et al., 2013], и зависит от уровня освещенности окружающей среды и, вероятно, от физиологического состояния животного в разные сезоны года.

Выявленный диапазон КЧСМ у исследованной группы тюленей позволяет предположить, что источники света, питаемые переменным током на частотах 50 и 60 Гц, должны восприниматься как постоянно светящиеся и не оказывать негативного влияния от мерцания. Также серые тюлени способны распознавать изображения и плавное движение на мониторах с частотами обновления от 60 Гц и выше, что позволяет использовать визуальные стимулы, демонстрируемые с экрана монитора в работе с серыми тюленями.

Относительная простота и достоверность метода «вынужденного выбора из двух стимулов» для определения КЧСМ позволяет использовать его в научных и ветеринарных исследованиях серых тюленей как один из показателей активности нервной системы.

Исходя из полученных результатов, планируется исследовать КЧСМ данных тюленей при изменении яркости и цвета демонстрируемых источников света. А также сравнить результаты опытов, полученных в воздушной среде и на различных глубинах под водой.

ЛИТЕРАТУРА

- Зайцев А.А., Трошичев А.Р., Пахомов М.В., Яковлев А.П. 2023. Морские млекопитающие Кольского залива Баренцева моря. *Морской биологический журнал*. Т. 8. № 4. С. 40–51.
- Arendt J. 2012. Biological rhythms during residence in polar regions. *Chronobiology International*. Vol. 29. Iss. 4. P. 379–394.
- Baldauf S.A., Kullmann H., Bakker T.C.M. 2008. Technical Restrictions of Computer-Manipulated Visual Stimuli and Display Units for Studying Animal Behaviour. *Ethology*. Vol. 114. P. 737–751.
- Barda G., Mizrachi Y., Borokchovich I. 2021. The effect of pregnancy on maternal cognition. *Scientific Reports*. Vol. 11. P. 12187.
- Bernholz C.D., Matthews M.L. 1975. Critical flicker frequency in a harp seal: Evidence for duplex retinal organization. *Vision Research*. Vol. 15. Iss. 6. P. 733–736.
- Cameron A.W. 1970. Seasonal movements and diurnal activity rhythms of the Grey seal (*Halichoerus grypus*). *Journal of Zoology*. Vol. 161. P. 15–23.
- Chouinard-Thuly L., Gierszewski S., Rosenthal G.G. et al. 2017. Technical and conceptual considerations for using animated stimuli in studies of animal behavior. *Current Zoology*. Vol. 63. Iss. 1. P. 5–19.
- Eisen-Enosh A., Farah N., Burgansky-Elias Z. 2017. Evaluation of Critical Flicker-Fusion Frequency Measurement Methods for the Investigation of Visual Temporal Resolution. *Scientific Reports*. Vol. 7. P. 15621.
- Greig D.J., Mashburn K.L., Rutishauser M. et al. 2007. Seasonal Changes in Circulating Progesterone and Estrogen Concentrations in the California Sea Lion (*Zalophus californianus*). *Journal of Mammalogy*. Vol. 88. Iss. 1. P. 67–72.
- Healy K., McNally L., Ruxton G. D. et al. 2013. Metabolic rate and body size are linked with perception of temporal information. *Animal behaviour*. Vol. 86. Iss. 4. P. 685–696.
- Herman L.M., Morrel-Samuels P., Pack, A.A. 1990. Bottlenosed dolphin and human recognition of veridical and degraded video displays of an artificial gestural language. *Journal of Experimental Psychology: General*. Vol. 119. Iss. 2. P. 215–230.

- Inger R., Bennie J., Davies T.W., Gaston K.J. 2014. Potential biological and ecological effects of flickering artificial light. *PLoS One*. Vol. 9. Iss. 5. Art. № e98631.
- Jadoul Y., Duengen D., Ravignani A. 2023. PyGellermann: a Python tool to generate pseudorandom series for human and non-human animal behavioural experiments. *BMC Research Notes*. Vol. 16. P. 135.
- Lencastre P., Mathema R., Lind P.G. 2025. From eyes' microtremors to critical flicker fusion. *PLoS One*. Vol. 20. Iss. 6. Art. № e0325391.
- Mankowska N.D., Marcinkowska A.B., Waszkow M. et al. 2021. Critical Flicker Fusion Frequency: A Narrative Review. *Medicina*. Vol. 57. P. 1096.
- McEwen B.S., Milner T.A. 2017. Understanding the broad influence of sex hormones and sex differences in the brain. *Neuroscience Research*. Vol. 95. Iss. 1-2. P. 24-39.
- Muth T., Schipke J.D., Brebeck A.K., Dreyer S. 2023. Assessing critical flicker fusion frequency: which confounders? A narrative review. *Medicina*. Vol. 59. Iss. 4. P. 800.
- Muth T., Schipke J.D., Brebeck A.K. 2025. Critical flicker fusion frequency: confounders and caveats. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 10. P. 1007.
- Ozyigit T., Egi S.M. 2014. Commercial diver selection using multiple-criteria decision-making methods. *Undersea and Hyperbaric Medical Society*. Vol. 41. Iss. 6. P. 565-572.
- Piispanen W.W., Lundell R.V., Tuominen L.J., Räisänen-Sokolowski A.K. 2021. Assessment of alertness and cognitive performance of closed circuit rebreather divers with the critical flicker fusion frequency test in Arctic diving conditions. *Frontiers in Physiology*. Vol. 12. P. 722915.
- Pillerova M., Borbelyova V., Pastorek M. et al. 2022. Molecular actions of sex hormones in the brain and their potential treatment use in anxiety disorders. *Frontiers in Psychiatry*. Vol. 13. P. 972158.
- Railton R.C.R., Foster T.M., Temple W. 2009. A comparison of two methods for assessing critical flicker fusion frequency in hens. *Behavioural Processes*. Vol. 80. Iss. 2. P. 196-200.
- Roberts D.L., Eskelinen H.C., Winship K.A. et al. 2023. Effects of Failure on California Sea Lion (*Zalophus californianus*) Gameplay Strategies and Interest in a Cognitive Task: Implications for Cognitive Enrichment in Pinnipeds. *Journal of Zoological and Botanical Gardens*. Vol. 4. P. 240-255.
- Rubin G.R., Kraft T.W. 2007. Flicker assessment of rod and cone function in a model of retinal degeneration. *Documenta Ophthalmologica*. Vol. 115. Iss. 3. P. 165-172.
- Wetherill G.B., Levitt H. 1965. Sequential estimation of points on a psychometric function. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*. Vol. 18. Iss. 1. P. 1-10.
- Winship K., McClain A., Ramos A. et al. 2024. Health and Welfare Benefits of Computerized Cognitive Enrichment in California Sea Lions (*Zalophus californianus*) at the US Navy Marine Mammal Program. *Animals (Basel)*. Vol. 14. Iss. 7. P. 1120.
- Xu G., Fu J., Qi H. et al. 2022. The theory of critical flicker fusion frequency and its application in cataracts. *Advances in Ophthalmology Practice and Research*. Vol. 3. Iss. 1. P. 29-32.
- Younis J., Bleibel M., Masri J.E. 2025. Exploring the influence of pregnancy on cognitive function in women: a systematic review. *BMC Pregnancy Childbirth*. Vol. 25. P. 88.

REFERENCES

- Zaytsev A.A., Troshichev A.R., Pakhomov M.V., Yakovlev A.P. 2023. Marine mammals of the Kola Bay, Barents Sea. *Morskoj biologicheskij zhurnal (Marine Biological Journal)*. Vol. 8. Iss. 4. P. 40–51 (in Russian).
- Arendt J. 2012. Biological rhythms during residence in polar regions. *Chronobiology International*. Vol. 29. Iss. 4. P. 379–394.
- Baldauf S.A., Kullmann H., Bakker T.C.M. 2008. Technical Restrictions of Computer-Manipulated Visual Stimuli and Display Units for Studying Animal Behaviour. *Ethology*. Vol. 114. P. 737–751.
- Barda G., Mizrachi Y., Borokchovich I. 2021. The effect of pregnancy on maternal cognition. *Scientific Reports*. Vol. 11. P. 12187.
- Bernholz C. D., Matthews M. L. 1975. Critical flicker frequency in a harp seal: Evidence for duplex retinal organization. *Vision Research*. Vol. 15. Iss. 6. P. 733–736.
- Cameron A.W. 1970. Seasonal movements and diurnal activity rhythms of the Grey seal (*Halichoerus grypus*). *Journal of Zoology*. Vol. 161. P. 15–23.
- Chouinard-Thuly L., Gierszewski S., Rosenthal G.G. et al. 2017. Technical and conceptual considerations for using animated stimuli in studies of animal behavior. *Current Zoology*. Vol. 63. Iss. 1. P. 5–19.
- Eisen-Enosh A., Farah N., Burgansky-Elias Z. 2017. Evaluation of Critical Flicker-Fusion Frequency Measurement Methods for the Investigation of Visual Temporal Resolution. *Scientific Reports*. Vol. 7. P. 15621.
- Greig D.J., Mashburn K.L., Rutishauser M. et al. 2007. Seasonal Changes in Circulating Progesterone and Estrogen Concentrations in the California Sea Lion (*Zalophus californianus*). *Journal of Mammalogy*. Vol. 88. Iss. 1. P. 67–72.
- Healy K., McNally L., Ruxton G. D. et al. 2013. Metabolic rate and body size are linked with perception of temporal information. *Animal behaviour*. Vol. 86. Iss. 4. P. 685–696.
- Herman L.M., Morrel-Samuels P., Pack, A.A. 1990. Bottlenosed dolphin and human recognition of veridical and degraded video displays of an artificial gestural language. *Journal of Experimental Psychology: General*. Vol. 119. Iss. 2. P. 215–230.
- Inger R., Bennie J., Davies T.W., Gaston K.J. 2014. Potential biological and ecological effects of flickering artificial light. *PLoS One*. Vol. 9. Iss. 5. Art. № e98631.
- Jadoul Y., Duengen D., Ravignani A. 2023. PyGellermann: a Python tool to generate pseudorandom series for human and non-human animal behavioural experiments. *BMC Research Notes*. Vol. 16. P. 135.
- Lencastre P., Mathema R., Lind P.G. 2025. From eyes' microtremors to critical flicker fusion. *PLoS One*. Vol. 20. Iss. 6. Art. № e0325391.
- Mankowska N.D., Marcinkowska A.B., Waszkow M. et al. 2021. Critical Flicker Fusion Frequency: A Narrative Review. *Medicina*. Vol. 57. P. 1096.
- McEwen B.S., Milner T.A. 2017. Understanding the broad influence of sex hormones and sex differences in the brain. *Neuroscience Research*. Vol. 95. Iss. 1–2. P. 24–39.
- Muth T., Schipke J.D., Brebeck A.K., Dreyer S. 2023. Assessing critical flicker fusion frequency: which confounders? A narrative review. *Medicina*. Vol. 59. Iss. 4. P. 800.
- Muth T., Schipke J.D., Brebeck A.K. 2025. Critical flicker fusion frequency: confounders and caveats. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 10. P. 1007.
- Ozyigit T., Egi S.M. 2014. Commercial diver selection using multiple-criteria decision-

- making methods. *Undersea and Hyperbaric Medical Society*. Vol. 41. Iss. 6. P. 565–572.
- Piispanen W.W., Lundell R.V., Tuominen L.J., Räisänen-Sokolowski A.K. 2021. Assessment of alertness and cognitive performance of closed circuit rebreather divers with the critical flicker fusion frequency test in Arctic diving conditions. *Frontiers in Physiology*. Vol. 12. P. 722915.
- Pillerova M., Borbelyova V., Pastorek M. et al. 2022. Molecular actions of sex hormones in the brain and their potential treatment use in anxiety disorders. *Frontiers in Psychiatry*. Vol. 13. P. 972158.
- Railton R.C.R., Foster T.M., Temple W. 2009. A comparison of two methods for assessing critical flicker fusion frequency in hens. *Behavioural Processes*. Vol. 80. Iss. 2. P. 196–200.
- Roberts D.L., Eskelinen H.C., Winship K.A. et al. 2023. Effects of Failure on California Sea Lion (*Zalophus californianus*) Gameplay Strategies and Interest in a Cognitive Task: Implications for Cognitive Enrichment in Pinnipeds. *Journal of Zoological and Botanical Gardens*. Vol. 4. P. 240–255.
- Rubin G.R., Kraft T.W. 2007. Flicker assessment of rod and cone function in a model of retinal degeneration. *Documenta Ophthalmologica*. Vol. 115. Iss. 3. P. 165–172.
- Wetherill G.B., Levitt H. 1965. Sequential estimation of points on a psychometric function. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*. Vol. 18. Iss. 1. P. 1–10.
- Winship K., McClain A., Ramos A. et al. 2024. Health and Welfare Benefits of Computerized Cognitive Enrichment in California Sea Lions (*Zalophus californianus*) at the US Navy Marine Mammal Program. *Animals (Basel)*. Vol. 14. Iss. 7. P. 1120.
- Xu G., Fu J., Qi H. et al. 2022. The theory of critical flicker fusion frequency and its application in cataracts. *Advances in Ophthalmology Practice and Research*. Vol. 3. Iss. 1. P. 29–32.
- Younis J., Bleibel M., Masri J.E. 2025. Exploring the influence of pregnancy on cognitive function in women: a systematic review. *BMC Pregnancy Childbirth*. Vol. 25. P. 88.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Пахомов Мирон Владимирович – Мурманский морской биологический институт РАН; 183010, Россия, Мурманск; научный сотрудник лаборатории морских млекопитающих; pachomov@mmbi.info. SPIN-код: 6596-3496, Author ID: 795459.

Pakhomov Miron Vladimirovich – Murmansk Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences; 183010, Russia, Murmansk; Researcher of Marine Mammal Laboratory; pachomov@mmbi.info. SPIN-code: 6596-3496, Author ID: 795459.

Зайцев Александр Алексеевич – Мурманский морской биологический институт РАН; 183010, Россия, Мурманск; научный сотрудник лаборатории морских млекопитающих; zaytsev@mmbi.info. SPIN-код: 6267-7353, Author ID: 665292.

Zaytsev Alexander Alexeyevich – Murmansk Marine Biological Institute of the Russian Academy of Sciences; 183010, Russia, Murmansk; Researcher of Marine Mammal Laboratory; zaytsev@mmbi.info. SPIN-code: 6267-7353, Author ID: 665292.

Статья поступила в редакцию 16.09.2025; одобрена после рецензирования 19.09.2025; статья принята к публикации 22.09.2025.

The article was submitted 16.09.2025; approved after reviewing 19.09.2025; accepted for publication 22.09.2025.

Для цитирования: Пахомов М.В., Зайцев А.А. 2025. Исследование критической частоты слияния мельканий у серых тюленей (*Halichoerus grypus* Fabricius, 1791) в условиях неволи. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 73. С. 75–86. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2025-73-75-86>.

For citation: Pakhomov M.V., Zaytsev A.A. 2025. Investigation of the critical frequency of flicker fusion in gray seals (*Halichoerus grypus* Fabricius, 1791) in captivity. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of Kamchatka State Technical University)*. Iss. 73. P. 75–86 (in Russian). <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2025-73-75-86>.

Научная статья

УДК 574.6(571.150)

DOI: 10.17217/2079-0333-2025-73-87-100

**АКТУАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕСУРСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
НА ГИПЕРГАЛИННОМ ОЗЕРЕ БОЛЬШОЕ ЯРОВОЕ (АЛТАЙСКИЙ КРАЙ)**

Лукерина Г.В., Сурков Д.А., Пяткова Я.С., Толкушкина Г.Д., Косачева Ю.Н., Щербаков В.И.

Алтайский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (АлтайНИРО), г. Барнаул, пл. Баварина, 2.

Озеро Большое Яровое Алтайского края относится к гипергалинным, относительно глубоководным водоемам, со стабильным промыслом ценного биоресурса – артемии (на стадии цист). Температурный режим озера обуславливает неравномерность вертикального распределения рачков и цист артемии (Anostraca: Crustacea). Для более эффективной оценки объема «жилой» зоны для рачков и цист артемии в 2021 г. пробы зоопланктона были отобраны большой планктонной сетью диаметром 0,5 м и параллельно замыкающейся планктонной сетью диаметром 0,25 м. Отбор проб провели по разрезам (горизонтам) водного столба с шагом 2,0 м. Сравнительный анализ данных, полученных при использовании разных моделей планктонной сети, выявил различия в численности рачков и цист артемии в разных горизонтах водного столба в пределах 7,6–13,1%, значимых отличий не отмечено. Применение замыкающейся сетки имеет ряд преимуществ и позволяет получить данные, сопоставимые со среднесезонными показателями, рассчитанными при отборе проб большой планктонной сеткой, что обеспечивает преемственность научных данных.

Ключевые слова: артемия, вертикальное распределение, гипергалинное озеро, термическая стратификация, численность.

Original article

**UPDATING METHODOLOGICAL APPROACHES FOR RESOURCE RESEARCH
ON THE HYPERHALINE BOLSHOE YAROVoe LAKE (ALTAI TERRITORY)**

Lukerina G.V., Surkov D.A., Pyatkova Y.S., Tolkushkina G.D., Kosacheva U.N., Scherbakov V.I.

Altai Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution VNIRO (AltaiNIRO), Barnaul, Bavarin Squire, 2.

Bolshoe Yarovoe Lake (Altai Territory) belongs to hypersaline, relatively deep reservoir with a stable fishery for the valuable bioresource Artemia (at the stage of cysts). The temperature regime of the lake causes an uneven vertical distribution of crustaceans and Artemia cysts (Anostraca: Crustacea). For a more efficient assessment of the volume of the “living” zone for crustaceans and Artemia cysts in 2021, zooplankton samples were collected using a large plankton network with a diameter of 0.5 m and a parallel closing plankton network with a diameter of 0.25 m. The samples were collected along the sections (horizons) of the water column in increments of 2.0 m. A comparative analysis of data obtained using different models of the plankton network revealed differences in the number of crustaceans and Artemia cysts in different horizons of the water column

within 7.6% to 13.1%, no significant differences were observed. The use of closing plankton network has several advantages and allows for the acquisition of data comparable to the long-term indicators average values calculated during sampling with a large plankton grid, which ensures the continuity of scientific data.

Key words: Artemia, vertical distribution, hyperhaline lake, thermal stratification, number.

ВВЕДЕНИЕ

Жаброногий рачок артемия (*Artemia* Leach, 1819) – уникальный организм, приспособленный жить в полиэкстремальных условиях высокоминерализованных озер [Соловов, Студеникина, 1990; Great Salt Lake..., 2020; Ануфриева, Шадрин, 2023; Литвиненко и др., 2024]. Распространенные на всех континентах, кроме Антарктиды, популяции артемии имеют высокую как научную, так и практическую ценность. Диапаузирующие яйца (цисты), продуцируемые рачками, признаны во всем мире одним из лучших стартовых кормов для личинок рыб и ракообразных. Основные запасы цист артемии сконцентрированы в США, Китае, России, Казахстане и Узбекистане [Mura, Nagorskaya, 2005; Литвиненко и др., 2024]. В России природные соленые водоемы расположены от Крыма до Тывы в зонах лесостепи, степи и полупустынь. На территории Алтайского края располагается наиболее обширный фонд промысловых соленых озер, отличительной чертой которых является большое разнообразие как морфологических показателей, так и химического состава воды [Лукерина, Мазникова, 2022].

Первые ресурсные исследования на водоемах юга Западной Сибири проводились с конца 70-х годов прошлого века. Наибольший интерес как тогда, так и в настоящее время представляет запас артемии (на стадии цист) в оз. Большом Яровом г. Славгорода. Это единственное гипергалинное озеро в России со средними глубинами более 4,0 м, что позволяет отнести его к относительно глубоководным [Методиче-

ские рекомендации..., 2019]. За многолетний период проведения мониторинга на озере изучены абиотические и биотические факторы, особенности развития артемии и ее морфологические и продукционные показатели, разработаны методы добычи и очистки цист совместно с организацией, осуществляющей вылов на оз. Большом Яровом [Соловов, Студеникина, 1990; Соловов и др., 2001; Van Stappen et al., 2009; Клепиков, 2012; Веснина и др., 2019; Веснина и др., 2020; Лукерина, Мазникова, 2022; Бойко и др., 2023]. Разработанная схема станций отбора проб и проведения фенологических наблюдений практически не изменяется с 2009 г.

Одной из особенностей проведения ресурсных исследований на оз. Большом Яровом стало использование большой планктонной сети для отбора проб. В качестве модели послужила аналогичная сеть, используемая на Великом Соленом Озере (штат Юта, США). Диаметр входного отверстия сети составляет 0,5 м, длина фильтрующего конуса – около 2,0 м, объем приемного стакана – 0,5 л. Применение такой сети обусловлено относительной глубоководностью озер Большого Ярового и Великого Соленого (средняя глубина более 4,5 м). Отобранная проба зоопланктона от дна к поверхности при помощи стандартной сети Джеди (Апштейна), применяемой на большинстве соленых озер, была достаточно объемной по биомассе рачков, что приводило к их повреждению.

Проведенные за ряд лет исследования позволили сделать вывод о неравномерности распределения рачков и цист артемии как по горизонтали, так и по вертикали [Соловов,

Студеникина, 1990; Пермякова, 2012; Литвиненко и др., 2024], что послужило причиной выделения «жилой» зоны для рачков и цист при расчете запасов биоресурса [Водоемы Алтайского края..., 1999; Методические рекомендации..., 2019], а также поставило задачу по более эффективному способу оценки их вертикального распределения.

Исследования, направленные на изучение вертикального распределения гидробионтов во внутренних водоемах и морях, проводятся в большинстве случаев с помощью планктонной сети с замыкателем [Речкалов, Голубок, 2011; Пастернак и др., 2015; Флинт и др., 2015; Фомина, Сярки, 2020; Вежновец, Журавлев, 2022; Толмеев и др., 2023] либо планктонобатометра по горизонтам через каждые 2–10 м [Жданова, Малин, 2023]. В связи с этим в 2021 г. на оз. Большом Яровом одновременно с большой планктонной сетью применили замыкающуюся сеть Джели с входным отверстием 0,25 м.

Целью работы явилось сравнение численных показателей зоопланктона в разных горизонтах оз. Большого Ярового, полученных при отборе проб большой планктонной сетью (диаметр 0,5 м) и сетью Джели с замыкателем (диаметр 0,25 м), а также оценка перспективности использования только сети Джели при проведении ресурсных исследований по оценке запаса артемии (на стадии цист).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Озеро Большое Яровое расположено в округе г. Славгорода, имеет эллипсообразную форму, вытянутую с северо-запада на юго-восток. Размах колебаний уровня воды 0,8 м, площадь колеблется в пределах 63,0–73,6 км². Длина озера 11,5 км, максимальная ширина 8,0 км. Глубины: максимальная 9,5 м, средние – 4,0–4,9 м. Берега в юго-западной части озера открытые, кру-

тые, обрывистые, доступные по всему периметру, высотой 10,0–15,0 м, изрезаны оврагами. На северо-восточном берегу небольшой лиман с выходом пресных вод. Северный и северо-восточный берега озера пологие, образуют открытый пляж. Озеро бессточное, питание атмосферное и грунтовое [Водоемы Алтайского края..., 1999; Пермякова, 2012; Рылов, Пестунов, 2019].

Материалом для работы послужили данные мониторинга, проведенного на оз. Большом Яровом в период 2020–2022 гг. Гидробиологические съемки выполнены в апреле, июне, августе и сентябре по стандартной схеме станций (рис. 1). Даты исследования в каждом месяце между годами различались на 5–7 дней. На каждой станции по горизонтам воды с интервалом 1,0 м измерены температура воды при помощи термооксиметра «Эксперт-001-4.01» (Россия), соленость при помощи рефрактометра «Atago Master-S28 M» (Япония).

Сбор гидробиологического материала, его фиксирование, этикетирование и камеральная обработка выполнены согласно методике [Методические рекомендации..., 2019]. В 2020–2021 гг. пробы зоопланктона на 11 глубоководных станциях отобрали большой планктонной сетью из газового мельничного сита № 46 с диаметром входного отверстия 0,5 м («0,5»). Отбор выполняли обловом горизонтов через каждые 2 м в зависимости от глубины: от 2 м до поверхности, от 4 м до поверхности, от 6 м до поверхности, от 8 м до поверхности.

В 2021 г. параллельно с большой планктонной сетью, а также в 2022 г. пробы зоопланктона отобрали при помощи замыкающейся количественной сети Джели из газового мельничного сита № 46 с диаметром входного отверстия 0,25 м («0,25») тотальным обловом толщи водного столба по разрезам в зависимости от глубины на каждой станции: 0–2; 2–4; 4–6; 6–8 м (рис. 2).

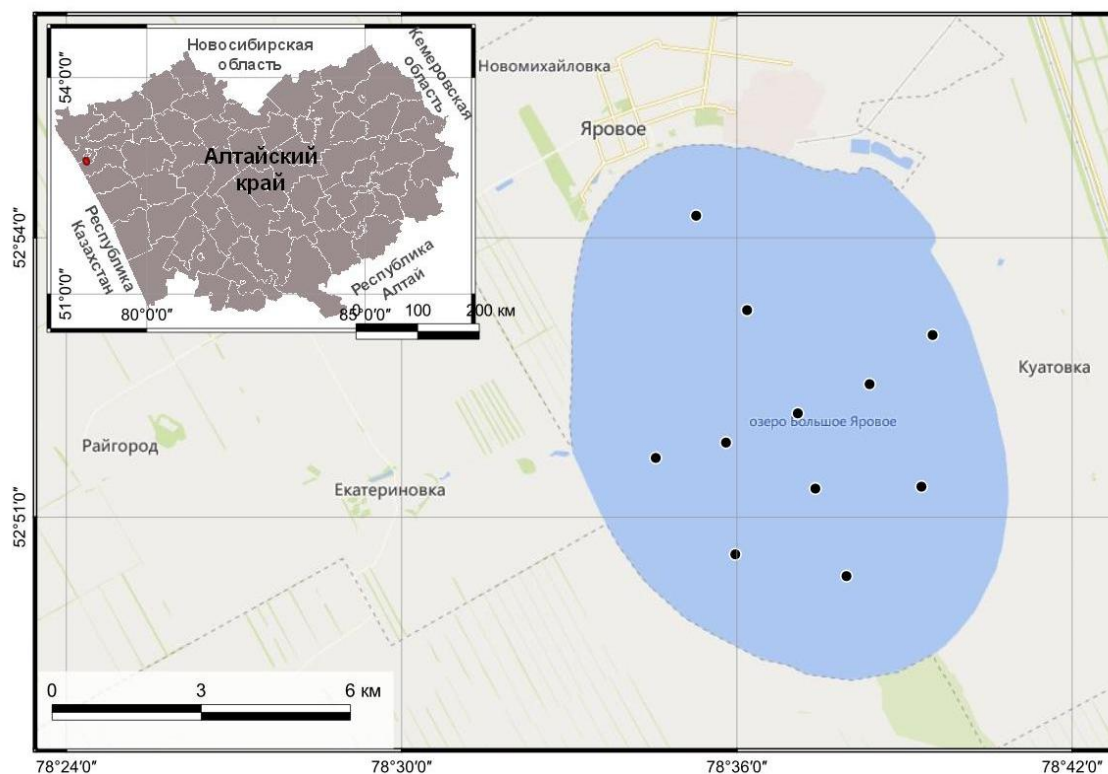


Рис. 1. Карта-схема станций наблюдения и отбора проб на озере Большое Яровое Алтайского края, 2020–2022 г.

Fig. 1. Map diagram of monitoring and sampling stations on Bolshoe Yarovoe Lake in the Altai Territory, 2020–2022

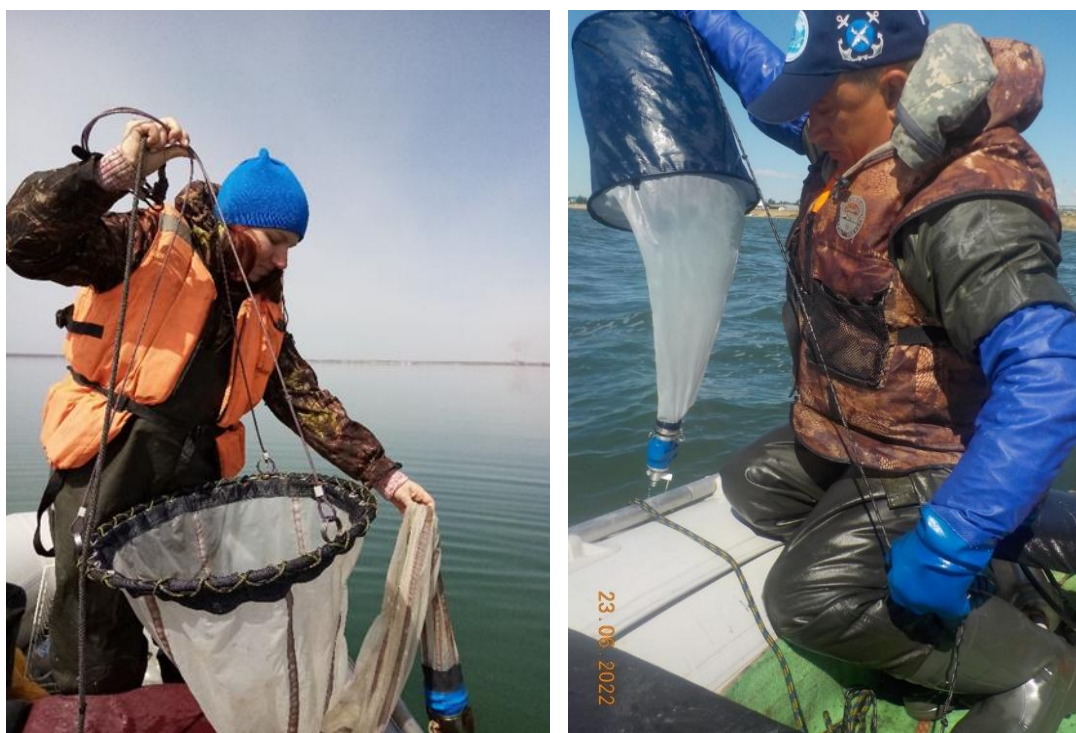


Рис. 2. Использование разных моделей планктонной сети для отбора проб на озере Большое Яровое Алтайского края

Fig. 2. Using different models of a plankton net to collect samples from Bolshoe Yarovoe Lake in the Altai Territory

В составе популяции артемии выделяли следующие группы: цисты, предвзрослые и половозрелые рачки, молодь (науплиусы, метанауплиусы, ювенильные) [Manual for the culture..., 1986]. Для оценки вертикального распределения рачков и цист артемии в случае использования большой планктонной сети проводили дополнительный пересчет для горизонтов 0–2,0; 2,0–4,0; 4,0–6,0; 6,0–8,0 м. Полученные показатели численности приводили к единице объема 1 м³. За указанный период исследований отобрано и обработано 506 проб зоопланктона.

Статистическую обработку материала и построение графиков осуществляли с помощью пакета прикладных программ MS Excel. Достоверность различий между выборками оценивали по *U*-критерию Манна – Уитни (при $p < 0,01$ и $p < 0,001$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Гиперсоленые воды характеризуются физическими свойствами, отличными от пресных, что создает полиэкстремальные условия для обитания живых организмов [Гроховский, 1972; Ануфриева, Шадрин, 2023]. Концентрация солей в воде увеличивает ее плотность, расширяет диапазон

суточных и сезонных колебаний температуры, а также уменьшает температуру максимальной плотности и замерзания. В связи с этим соленость является лимитирующим фактором развития зоопланктона, а в совокупности с погодными условиями и температурным режимом обуславливает его вертикальное и горизонтальное распределение [Речкалов, Голубок, 2011; Веснина, Пермякова, 2013; Веснина и др., 2019; Литвиненко и др., 2024].

В период проведения исследований в 2020–2022 гг. температурный режим оз. Большого Ярового имел сезонные отличия. В весенний период температура воды плавно снижалась по мере продвижения вглубь, достигая минимума (в среднем по годам $-1,7^{\circ}\text{C}$) в придонных слоях в глубоководной части котловины. В летние месяцы вода прогревалась относительно равномерно до глубины 6,0 м с понижением на 7,0–8,0 м. В сентябре наблюдалась температурная стагнация (рис. 3). Соленость воды также имела отличия в толще воды, наиболее выраженные в весенний период. Соленость колебалась в пределах 142–160 г/л и находилась в зоне оптимальных для развития артемии значений (100–250 г/л) [Методические рекомендации..., 2019].

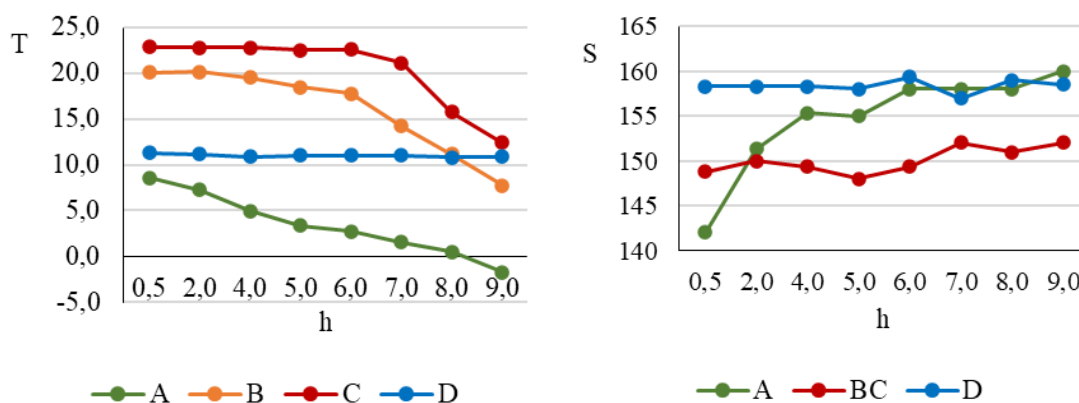


Рис. 3. Профили температуры (T , $^{\circ}\text{C}$) и солености воды (S , г/л) в озере Большое Яровое по разрезам водного столба (h , м) в 2020–2022 г.: А – апрель; В – июнь; С – август; D – сентябрь

Fig. 3. Profiles of temperature (T , $^{\circ}\text{C}$) and salinity of water (S , g/l) in Bolshoe Yarovoe Lake by sections of the water column (h , m), 2020–2022: A – April; B – June; C – August; D – September

Анализ полученных численных показателей рачков и цист артемии по горизонтам водного столба подтверждает неравномерность их вертикального распределения, описанного ранее [Соловов, Студеникина, 1990; Пермякова, 2012; Литвиненко и др., 2024]. В апреле, по данным 2020–2022 гг., науплиусы и цисты в наибольшей концентрации находились в поверхностном 2-метровом слое, что соответствует температурному режиму озера в этот период (рис. 3). Согласно литературным данным [Соловов, Студеникина, 1990; Литвиненко и др., 2009], вылупление начинается при температуре воды не ниже $5,0^{\circ}\text{C}$.

В летние месяцы оптимальная температура воды ($15\text{--}27^{\circ}\text{C}$) наблюдалась до глубины 7,0 м, что обусловило более равномерное распределение предвзрослых и половозрелых рачков в толще воды. Науплиальные и ювенильные стадии развития артемии придерживались глубин от поверхности до 4,0 м (63,4–65,2% от общей численности), далее их количество снижалось. В период осенней стагнации взрослые самки в наибольшем количестве отмечались от поверхности до 4,0 м (63,3%), в слое 4,0–6,0 м их количество снижалось до 14,3%. В придонных слоях воды (6,0–8,0 м) численность самок вновь возрастала (22,4%), что обусловлено опусканием их на дно в условиях осеннего понижения температуры воды (рис. 4).

Распределение цист является важным параметром как для оценки их запаса, так и роли этих цист в формировании весенней и последующих генераций рачков. Свойство цист образовывать скопления на поверхности и в толще воды широко описаны в литературе [Студеникина, Новоселов, 1998; Соловов, Студеникина, 1990; Литвиненко и др., 2009; Пермякова, 2012; Sura, Belovsky, 2016; Belovsky et al., 2019; Лукерина и др., 2024]. При анализе вертикаль-

ного распределения цист артемии в 2020–2022 гг. в оз. Большом Яровом можно отметить их агрегированность в поверхностных слоях: в слое 0–2,0 м на протяжении всего периода исследований их количество было не менее 40% от общей численности в толще воды (рис. 4). Несмотря на общую тенденцию, процентное соотношение численности цист в горизонтах воды в разные годы имеет отличие. Так, в 2020 г. в слое 0–2,0 м было сосредоточено 42,3% цист (190,64 тыс. экз/м³), на глубине 2,0–4,0 и 4,0–6,0 м – 22,7 и 25,7% соответственно (102,43 и 115,66 тыс. экз/м³), в слое 6,0–8,0 м – 9,3% (42,13 тыс. экз/м³). В 2021 г. в поверхностном слое также отмечалась максимальная численность цист (46,2%, или 115,56 тыс. экз/м³), в слое 2,0–4,0 м количество цист было также относительно высоким (32,0%, или 86,65 тыс. экз/м³). На большей глубине численность цист снижалась от 49,55 (18,3%) до 19,34 тыс. экз/м³ (7,1%). В 2022 г. наиболее продуктивным был также слой 0–2,0 м (55,7%, или 163,59 тыс. экз/м³), на глубине от 4,0 до 8,0 м цисты распределялись относительно равномерно (13,4–15,9%, или 39,46–46,78 тыс. экз/м³). Таким образом, расчет «жилой» зоны, предусмотренный расчетом запаса цист артемии [Методические рекомендации..., 2019], необходимо определять ежегодно в зависимости от сложившихся условий окружающей среды.

Сравнительный анализ данных, полученных при использовании разных моделей планктонной сети, выявил различия в плотности рачков и цист артемии в разных горизонтах водного столба в пределах 7,6–13,1% (рис. 5). В отобранных большой планктонной сетью (диаметр входного отверстия 0,5 м) пробах численные показатели в горизонте 0–2,0 м в 63,6% случаев превышали данные, полученные при помощи замыкающей сети (диаметр вход-

ного отверстия 0,25 м). Наибольшие расхождения данных приходились на горизонт 4,0–6,0 м (13,1%). На глубине 6,0–8,0 м, по данным, полученным большой сетью, численность в 72,7% случаев была ниже, чем при отборе проб замыкающей се-

тью. Таким образом, при наличии скоплений или более высокой плотности гидробионтов в поверхностных слоях воды корректность оценки их количества на глубине при помощи большой сети снижается.

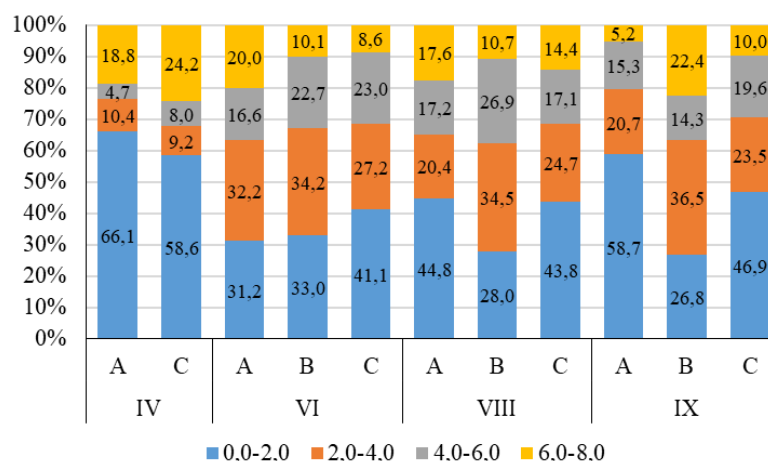


Рис. 4. Распределение молоди (А), предвзрослых и половозрелых рачков (В), а также цист артемии (С) по горизонтам (0,0–8,0 м) в среднем за апрель – сентябрь 2020–2022 г.

Fig. 4. Distribution of juveniles (A), pre-adult and adult crustaceans (B), and Artemia cysts (C) by horizon (0,0–8,0 m) in April – September 2020–2022

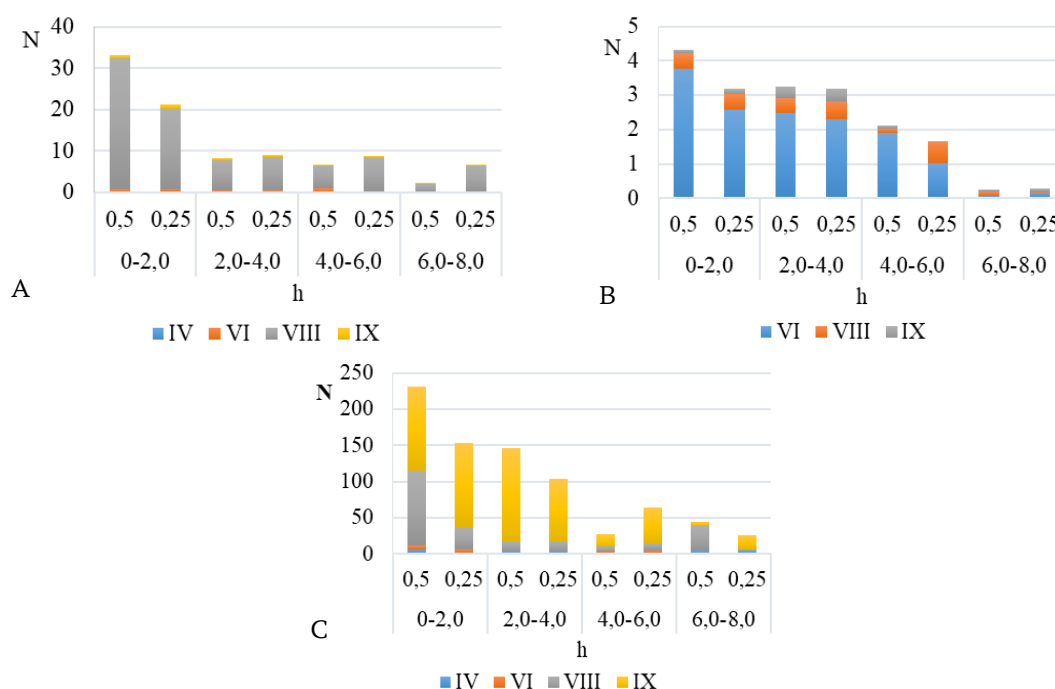


Рис. 5. Численность (N, тыс. экз/м³) молоди (А), предвзрослых и взрослых рачков (В), а также цист артемии (С) по горизонтам (h, м). Данные получены при отборе проб большой планктонной сетью (0,5) и замыкающей сетью (0,25) в апреле – сентябре 2021 г.

Fig. 5. Number (N, thousand copies/m³) of juveniles (A), preadult and adult crustaceans (B), and Artemia cysts (C) by horizon (h, m). The data were obtained by sampling with a large plankton net (0.5) and a closing net (0.25) in April – September 2021

Согласно методическим рекомендациям по оценке запасов артемии (на стадии цист) на оз. Большом Яровом пробы зоопланктона следует отбирать большой планктонной сетью диаметром 0,5 м [Методические рекомендации..., 2019], что соответствует проведению мониторинга на протяжении ряда лет. Однако, учитывая особенности вертикального распределения зоопланктона в оз. Большом Яровом, а также высокую значимость определения объема «жилой» зоны для рачков и цист артемии, использование замыкающейся сети диаметром 0,25 м имеет ряд преимуществ (табл.).

Изменение орудий отбора проб должно сохранить преемственность данных для создания единой базы данных о численности популяции артемии в оз. Большом Яровом. В архиве АлтайНИРО имеются данные, начиная с 1977 г. по настоящее время [Ясюченя-Студеникина, 2004; Веснина и др., 2019]. Среднегодовая (2010–2019 гг.) численность разновозрастных

рачков и цист колеблется в широких пределах – 5,66–42,02 и 4,97–153,82 тыс. экз/м³ соответственно. В результате сравнения численных данных по горизонтам водного столба за каждый месяц, полученных в 2021 г. планктонными сетками разных моделей, по *U*-критерию Манна – Уитни значимых отличий не отмечено. Среднегодовые показатели численности в 2021 г., полученные при помощи большой планктонной сетки, составляют: рачков – (5,90 ± 3,25) тыс. экз/м³ (*Cv* = 208%), цист – (21,93 ± 11,63) тыс. экз/м³ (*Cv* = 230%). Показатели среднегодовой численности, полученные при помощи замыкающейся планктонной сетки: рачков – (4,43 ± 1,02) тыс. экз/м³ (*Cv* = 153%), цист – (17,75 ± 5,18) тыс. экз/м³ (*Cv* = 157%). Вариабельность численности в среднем за год очень высокая в обоих случаях, что характерно для соленых озер в целом. Полученные данные сопоставимы между собой, а также со среднемноголетними показателями.

Таблица. Сопоставление параметров применения планктонных сетей разных моделей при проведении ресурсных исследований на относительно глубоководном озере Большое Яровое

Table. Comparison of the parameters of using plankton nets of different models in conducting resource studies on the relatively deep Bolshoe Yarovoe Lake

Большая планктонная сеть (диаметр входного отверстия 0,5 м)	Замыкающаяся сеть (диаметр входного отверстия 0,25 м)
Большая длина сети, что затрудняет отбор проб с горизонта 6,0–8,0 м при глубине на станции, незначительно превышающей 8,0 м. Требуется больших физических усилий	Компактные размеры, что облегчает применение
Увеличенная «парусность» сети, что препятствует вертикальному подъему и спуску	Небольшая площадь сети позволяет при достаточном утяжелении спускать и поднимать сеть в вертикальном положении
Большой объем пробы увеличивает временные затраты на их обработку	Объем пробы составляет 100–150 мл, количество рачков в пробе позволяет просчитать их в более короткие сроки
Необходимость пересчета численных показателей зоопланктона на 2-метровый слой	Не требует дополнительных перерасчетов для определения различий в вертикальном распределении рачков и цист
Некорректные показатели численности на глубинах более 4,0–6,0 м при агрегированности рачков и цист артемии в верхних слоях воды	Позволяет эффективно оценить глубину «жилой» зоны для рачков и цист

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Водный биологический ресурс артемии (на стадии цист) (виды рода *Artemia*) имеет высокую экономическую значимость, что обуславливает необходимость совершенствования научных и методических подходов как к проведению ресурсных исследований, так и к определению общего и промыслового запасов. Ежегодный мониторинг состояния окружающей среды, численных и продукционных показателей популяции артемии – необходимое условие оценки запаса водного биоресурса, который можно изъять из окружающей среды с обязательным сохранением естественного воспроизводства популяции рачков во всех охваченных промыслом гипергалинных водоемах. Динамические изменения неустойчивых биоценозов гиперсолёных вод необходимо отслеживать не только в текущий момент времени, но и в течение длительного периода для эффективного прогнозирования объемов вылова. Поэтому также необходимо учитывать возможность преимущества данных.

Озеро Большое Яровое г. Славгорода – единственный в своем роде водоем в России, отличающийся относительной глубоководностью и стабильностью условий окружающей среды. Многолетний мониторинг позволил выявить ряд особенностей развития популяции артемии в озере, включая неравномерность распределения рачков и цист артемии в толще воды. Хронологическая структура популяции обусловлена факторами среды и, прежде всего, температурным режимом воды. Применение замыкающейся планктонной сетки в ходе проведения ресурсных исследований позволяет более эффективно оценивать объем «жилой» зоны для рачков и цист артемии, а также отслеживать их сезонные перемещения.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках темы государственного задания ФГБНУ «ВНИРО» № 076-00005-25-00.

ЛИТЕРАТУРА

- Ануфриева Е.В., Шадрин Н.В. 2023. Жизнь в экстремальной среде. Животные в экосистемах гиперсолёных вод. Москва: Товарищество научных изданий КМК. 183 с.
- Бойко Е.Г., Литвиненко Л.И., Мюге Л.Н., Мюге Н.С. 2023. Оценка популяционно-генетической структуры артемии в водоемах северной части Евразийского гаплотипного комплекса. *АПК: инновационные технологии*. № 4. С. 6–17. doi: 10.35524/2687-0436_2023_04_06.
- Вежновец В.В., Журавлев М.Д. 2022. Вертикальная структура зоопланктона в стратифицированных озерах Беларуси с разной степенью трофии. *Биология внутренних вод*. № 6. С. 725–733.
- Веснина Л.В., Лукерина Г.В., Ронжина Т.О. 2019. Результаты многолетнего экологического мониторинга гипергалинного озера Большое Яровое, г. Славгород Алтайского края. *Рыбное хозяйство*. № 4 (159). С. 19–27.
- Веснина Л.В., Лукерина Г.В., Ронжина Т.О. и др. 2020. Морфометрические исследования самцов артемии из разных популяций гипергалинных водоемов Алтайского края. *Рыбное хозяйство*. № 2. С. 74–80. doi:10.37663/0131-6184-2020-2-74-80.
- Веснина Л.В., Пермязова Г.В. 2013. Динамика численности и особенности распределения разновозрастных особей жаброногого рачка *Artemia* в глубоководном озере Большое Яровое (Алтайский край). *Вестник Томского госу-*

- дарственного университета. *Биология*. № 1(21). С. 89–102.
- Водоёмы Алтайского края: биологическая продуктивность и перспективы использования. 1999. Под ред. Л.В. Веснина, В.Б. Журавлев, В.А. Новоселов и др. Новосибирск: Наука; Сиб. предприятие РАН. 285 с.
- Гроховский Л.М. 1972. Озерные месторождения солей, их изучение и промышленная оценка. Москва: Недра. 168 с.
- Жданова С.М., Малин М.И. 2023. Особенности подледного зоопланктона озера Плещеево (Ярославская обл., Россия). *Трансформация экосистем*. № 6 (3). С. 39–52. doi:10.23859/estr-220624.
- Клепиков Р.А. 2012. Цисты *Artemia* Leach, 1819 в гипергалинных озерах Алтайского края. *Автореф. дис. ... канд. биол. наук*. Новосибирск. 23 с.
- Литвиненко Л.И., Корентович М.А., Бойко Е.Г. и др. 2024. Артемия в гипергалинных водоемах России (география, биоразнообразие, экология, биология и практическое использование). Тюмень: ГАУ Северного Зауралья. 364 с. URL: <http://www.gausz.ru/nauka/setevye-izdaniya/2024/litvinenko.pdf>
- Литвиненко Л.И., Литвиненко А.И., Бойко Е.Г. 2009. Артемия в озерах Западной Сибири. Новосибирск: Наука. 304 с.
- Лукерина Г.В., Мазникова О.А. 2022. Современное состояние запасов и промысла короткоциклового беспозвоночного в озерах Алтайского края. *Рыбоводство и рыбное хозяйство*. № 1 (192). С. 52–61. doi: 10.33920/sel-09-2201-04.
- Лукерина Г.В., Сурков Д.А., Пяткова Я.С. и др. 2024. Численность донных цист артемий (*Artemia* Leach, 1819) в разнотипных озерах Алтайского края. *Рыбоводство и рыбное хозяйство*. № 9 (224). С. 596–611. doi: 10.33920/sel-09-2409-01.
- Методические рекомендации по оценке запаса и прогнозированию рекомендованного объема добычи (вылова) артемий. 2019. Л.И. Литвиненко, В.А. Бизиков, Н.П. Ковачева и др. Москва: ВНИРО. 50 с.
- Пастернак А.Ф., Дриц А.В., Абызова Г.А. и др. 2015. Питание и распределение зоопланктона в опресненной “линзе” Карского моря: влияние вертикального градиента солености. *Океанология*. Т. 55. № 6. С. 955–963.
- Пермякова Г.В. 2012. Жаброногий рачок *Artemia* Leach, 1819 в гипергалинных озерах Алтая (на примере озера Большое Яровое). *Диссертация ... канд. биол. наук*. Новосибирск. 171 с.
- Речкалов В.В., Голубок О.В. 2011. Вертикальное распределение зоопланктона термически стратифицированных озер Челябинской области. *Вестник Челябинского государственного университета*. № 5 (220). С. 110–124.
- Рылов С.А., Пестунов И.А. 2019. Определение площадей озер по данным со спутников серии Sentinel-2. *Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии*. № 12(5). С. 526–535. doi: 10.17516/1999-494X-0108.
- Соловов В.П., Подуровский М.А., Ясюченя Т.Л. 2001. Жаброног артемия: история и перспективы использования ресурсов. Барнаул: ОАО «Алтайский полиграфический комбинат». 144 с.
- Соловов В.П., Студеникина Т.Л. 1990. Рачок артемия в озерах Западной Сибири: морфология, экология, перспективы хозяйственного использования. Новосибирск: Наука. Сибир. отделение. 81 с.
- Студеникина Т.Л., Новоселов В.А. 1998. О распределении рачка артемий в водоемах. *Тезисы докладов Российской научной конференции «Биологическое разнообразие животных Сибири»*. Томск. С. 243–244.

- Толмеев А.П., Дубовская О.П., Кравчук Е.С. и др. 2023. Горизонтальные неоднородности функционирования фито- и зоопланктона в озере с ветровыми течениями. *Биология внутренних вод*. № 2. С. 196–209.
- Флинт М.В., Поярков С.Г., Тимонин А.Г., Соловьев К.А. 2015. Структура мезопланктонного сообщества в области континентального склона желоба Святой Анны (Карское море). *Океанология*. Т. 55. № 4. С. 643–655.
- Фомина Ю.Ю., Сярки М.Т. 2020. Современное состояние зоопланктона озера Урозера (Республика Карелия). *Водные биоресурсы и среда обитания*. Т. 3. № 1. С. 54–61.
- Ясюченя-Студеникина Т.Л. 2004. Использование и сохранение ресурса артемии в Алтайском крае. *Ползуновский вестник*. № 2. С. 45–51.
- Belovsky G.E., Perchon C., Larson Ch. et al. 2019. Overwinter survival of crustacean diapausing cysts: Brine shrimp (*Artemia franciscana*) in Great Salt Lake, Utah. *Limnology and Oceanography*. № 64. P. 2538–2549. doi: 10.1002/lno.11203.
- Great Salt Lake Biology. A terminal lake in a time of change. 2020. Eds. Bonnie K. Baxter, Jaimi K. Butler. Springer Cham. 527 p.
- Manual for the culture and use of brine shrimp in aquaculture. 1986. Eds. Sorgeloos P., Lavens P., Leger Ph. et al. Belgium: Ghent Universiteit. 319 p.
- Mura G., Nagorskaya L. 2005. Notes on the distribution of the genus *Artemia* in the former USSR countries (Russia and adjacent regions). *Journal of Biological Research*. № 4. P. 139–150.
- Sura S.A., Belovsky G.E. 2016. Impacts of harvesting on brine shrimp (*Artemia franciscana*) in Great Salt Lake, Utah, USA. *Ecological Applications*. № 26(2). P. 407–414.
- Van Stappen G., Litvinenko L.I., Litvinenko A.I. et al. 2009. A survey of *Artemia* resources of Southwest Siberia (Russian Federation). *Reviews in Fisheries Science*. №17(1). P. 117–148.

REFERENCES

- Anufrieva E.V., Shadrin N.V. 2023. Living in an extreme environment. Animals in ecosystems of hypersaline waters. Moscow: The Association of Scientific Publications of the KMC. 183 (in Russian).
- Boyko E.G., Litvinenko L.I., Myuge L.N., Myuge N.S. 2023. Assessment of the population-genetic structure of *Artemia* in the reservoirs of the northern part of the Eurasian haplotype complex. *APK: innovatsionnye tekhnologii (AIC: Innovative Technologies)*. № 4. P. 6–17. doi: 10.35524/2687-0436_2023_04_06 (in Russian).
- Vezhnovets V.V., Zhuravlev M.D. 2022. Vertical structure of zooplankton in stratified lakes of Belarus with different degrees of trophic. *Biologiya vnutrennikh vod (Inland Water Biology)*. № 6. P. 725–733 (in Russian).
- Vesnina L.V., Lukerina G.V., Ronzhina T.O. 2019. Results of long-term environmental monitoring of the hyperhaline Bolshoe Yarovoe Lake, Slavgorod, Altai Territory. *Rybnoe hozjajstvo (Fisheries Journal)*. № 4(159). P. 19–27 (in Russian).
- Vesnina L.V., Lukerina G.V., Ronzhina T.O. et al. Morphometric studies of artemia males from different populations of the Altai Region. *Rybnoe hozjajstvo (Fisheries Journal)*. № 2. P. 74–80. doi: 10.37663/0131-6184-2020-2-74-80 (in Russian).
- Vesnina L.V., Permyakova G.V. 2013. Dynamics of the number and distribution features of different-age individuals of the brine shrimp *Artemia* in the deep

- Bolshoe Yarovoe Lake (Altai Territory). *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya (Tomsk State University Journal of Biology)*. № 1(21). P. 89–102 (in Russian).
- Reservoirs of the Altai Territory: biological productivity and prospects of use. 1999. Eds. L.V. Vesnina, V.B. Zhuravlev, V.A. Novoselov. Novosibirsk: Nauka Publ. 285 p. (in Russian).
- Grokhovsky L.M. 1972. Lacustrine salt deposits, their study and industrial assessment. Moscow: Nedra Publ. 168 p. (in Russian).
- Zhdanova S.M., Malin M.I. 2023. Features of the subglacial zooplankton of Pleshcheyevo Lake (Yaroslavl Region, Russia). *Transformaciya ehkosistem (Ecosystem Transformation)*. № 6(3). P. 39–52. doi: 10.23859/estr-220624 (in Russian).
- Klepikov R.A. 2012. Cysts of *Artemia* Leach, 1819 in hyperhaline lakes of the Altai Territory. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Novosibirsk. 23 p. (in Russian).
- Litvinenko L.I., Korentovich M.A., Boyko E.G. et al. 2024. *Artemia* in hyperhaline reservoirs of Russia (geography, biodiversity, ecology, biology and practical use). Tyumen: State Agrarian University of the Northern Urals. 364 p. Accessed: <http://www.gausz.ru/nauka/setevye-izdaniya/2024/litvinenko.pdf>. (in Russian).
- Litvinenko L.I., Litvinenko A.I., Boyko E.G. 2016. Brine shrimp *Artemia* in Western Siberia Lakes: translated from Russian. Novosibirsk: Nauka Publ. 295 p. (in Russian).
- Lukerina G.V., Maznikova O.A. 2022. The current state of stocks and fishing of short-cycle invertebrates in the lakes of the Altai Territory. *Rybovodstvo i rybnoe khozyajstvo (Fish Farming and Fisheries)*. № 1(192). P. 52–61. doi: 10.33920/sel-09-2201-04. (in Russian).
- Lukerina G.V., Surkov D.A., Pyatkova Ya.S. et al. 2024. The number of bottom-dwelling *Artemia* cysts (*Artemia* Leach, 1819) in different types of lakes in the Altai Territory. *Rybovodstvo i rybnoe khozyajstvo (Fish Farming and Fisheries)*. № 9(224). P. 596–611. doi: 10.33920/sel-09-2409-01. (in Russian).
- Methodological recommendations for assessing the stock and forecasting the recommended volume of production (catch) of *Artemia*. 2019. Moscow: VNIRO Publ. 50 p. (in Russian).
- Pasternak A.F., Drits A.V., Abyzova G.A. et al. 2015. Feeding and distribution of zooplankton in the desalinated “lens” of the Kara Sea: the effect of the vertical salinity gradient. *Okeanologiya (Oceanology)*. Vol. 55. № 6. P. 955–963 (in Russian).
- Permyakova G.V. 2012. The brine shrimp *Artemia* Leach, 1819 in the hyperhaline lakes of Altai (on the example of Bolshoe Yarovoe Lake). *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Novosibirsk. 171 p. (in Russian).
- Rechkalov V.V., Golubok O.V. 2011. Vertical distribution of zooplankton in thermally stratified lakes of the Chelyabinsk region. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta (Bulletin of the Chelyabinsk State University)*. № 5(220). P. 110–124 (in Russian).
- Rylov S.A., Pestunov I.A. 2019. Assessment of lakes areas by Sentinel-2 satellite data. *Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies*. № 12(5). P. 526–535. doi: 10.17516/1999-494X-0108. (in Russian).
- Solovov V.P., Podurovsky M.A., Yasyuchennya T.L. 2001. Brine shrimp *Artemia*: history and prospects of resource use. Barnaul: Altai Polygraphic Plant. 144 p. (in Russian).

- Solovov V.P., Studenikina T.L. 1990. Artemia crustacean in the lakes of Western Siberia: ecology, prospects of economic use. Novosibirsk: Nauka Publ. 81 p. (in Russian).
- Studenikina T.L., Novoselov V.A. 1998. On the distribution of the Artemia crustacean in water bodies. *Proceedings of National (All-Russian) scientific conference "Biological Diversity of Animals in Siberia"*. Tomsk. P. 243–244 (in Russian).
- Tolomeev A.P., Dubovskaya O.P., Kravchuk E.S. et al. 2023. Horizontal heterogeneities of phytoplankton and zooplankton functioning in a Wind-Driven Lake. *Biologiya vnutrennikh vod (Inland Water Biology)*. № 2. P. 196–209 (in Russian).
- Flint M.V., Poyarkov S.G., Timonin A.G., Solovyov K.A. 2015. Structure of the mesoplanktonic community in the area of the continental slope of the St. Anna Trench (Kara Sea). *Okeanologiya (Oceanology)*. Vol. 55. № 4. P. 643–655 (in Russian).
- Fomina Yu.Yu., Syarki M.T. 2020. The current state of the zooplankton in Lake Urozero (Republic of Karelia). *Vodnye bioresursy i sreda obitaniya (Aquatic Bioresources & Environment)*. Vol. 3. № 1. P. 54–61 (in Russian).
- Yasyuchenya-Studenikina T.L. 2004. Use and conservation of Artemia resource in the Altai Territory. *Polzunovskij vestnik (Polzunovsky Vestnik)*. № 2. P. 45–51 (in Russian).
- Belovsky G.E., Perchon C., Larson Ch. et al. 2019. Overwinter survival of crustacean diapausing cysts: Brine shrimp (*Artemia franciscana*) in Great Salt Lake, Utah. *Limnology and Oceanography*. № 64. P. 2538–2549. doi: 10.1002/lno.11203.
- Great Salt Lake Biology. A terminal lake in a time of change. 2020. Eds. Bonnie K. Baxter, Jaimi K. Butler. Springer Cham. 527 p.
- Manual for the culture and use of brine shrimp in aquaculture. 1986. Eds. Sorgeloos P., Lavens P., Leger Ph. et al. Belgium: Ghent Universiteit. 319 p.
- Mura G., Nagorskaya L. 2005. Notes on the distribution of the genus Artemia in the former USSR countries (Russia and adjacent regions). *Journal of Biological Research*. № 4. P. 139–150.
- Sura S.A., Belovsky G.E. 2016. Impacts of harvesting on brine shrimp (*Artemia franciscana*) in Great Salt Lake, Utah, USA. *Ecological Applications*. № 26(2). P. 407–414.
- Van Stappen G., Litvinenko L.I., Litvinenko A.I. et al. 2009. A survey of Artemia resources of Southwest Siberia (Russian Federation). *Reviews in Fisheries Science*. № 17(1). P. 117–148.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Лукерина Галина Валерьевна – Алтайский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (АлтайНИРО); 656056, Россия, Барнаул; кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии; lukerina@altai.vniro.ru. SPIN-код: 7064-2861, Author ID: 856254.

Lukerina Galina Valer'evna – Altai Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution VNIRO (AltaiNIRO); 656056, Russia, Barnaul; Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of Laboratory of Hydrobiology; lukerina@altai.vniro.ru. SPIN-code: 7064-2861, Author ID: 856254.

Сурков Дмитрий Александрович – Алтайский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (АлтайНИРО); 656056, Россия, Барнаул; заведующий лабораторией гидробиологии; surkov@altai.vniro.ru. SPIN-код: 8429-8360, Author ID: 852740.

Surkov Dmitry Alexandrovich – Altai Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution (AltaiNIRO); 656056, Russia, Barnaul; Head of the Laboratory of Hydrobiology; surkov@altai.vniro.ru. SPIN-code: 8429-8360, Author ID: 852740.

Пяткова Яна Сергеевна – Алтайский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (АлтайНИРО); 656056, Россия, Барнаул; главный специалист лаборатории гидробиологии; piatkova@altai.vniro.ru. SPIN-код: 6390-1213, Author ID: 853155.

Pyatkova Yana Sergeevna – Altai Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution VNIRO (AltaiNIRO); 656056, Russia, Barnaul; Chief Specialist of Laboratory of Hydrobiology; piatkova@altai.vniro.ru. SPIN-code: 6390-1213, Author ID: 853155.

Толкушкина Галина Дмитриевна – Алтайский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (АлтайНИРО); 656056, Россия, Барнаул; кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии; tolkushkina@altai.vniro.ru. SPIN-код: 3753-6930, Author ID: 452613.

Tolkushkina Galina Dmitrievna – Altai Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution VNIRO (AltaiNIRO); 656056, Russia, Barnaul; Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of Laboratory of hydrobiology; tolkushkina@altai.vniro.ru. SPIN-code: 3753-6930, Author ID: 452613.

Косачева Юлия Николаевна – Алтайский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (АлтайНИРО); 656056, Россия, Барнаул; старший специалист лаборатории гидробиологии; kosacheva@altai.vniro.ru. SPIN-код: 4767-3567, Author ID: 1045606.

Kosacheva Julia Nikolaevna – Altai Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution VNIRO (AltaiNIRO); 656056, Russia, Barnaul; Senior Specialist of Laboratory of Hydrobiology; kosacheva@altai.vniro.ru. SPIN-code: 4767-3567, Author ID: 1045606.

Щербаков Владимир Иванович – Алтайский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (АлтайНИРО); Россия, 656056, Барнаул; руководитель филиала; shcherbakov@altai.vniro.ru. SPIN-код: 5645-0520, Author ID: 1162342.

Shcherbakov Vladimir Ivanovich – Altai Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution VNIRO (AltaiNIRO); 656056, Russia, Barnaul; Head of the Branch; shcherbakov@altai.vniro.ru. SPIN-code: 5645-0520, Author ID: 1162342.

Статья поступила в редакцию 29.07.2025; одобрена после рецензирования 19.09.2025; статья принята к публикации 22.09.2025.

The article was submitted 29.07.2025; approved after reviewing 19.09.2025; accepted for publication 22.09.2025.

Для цитирования: Лукерина Г.В., Сурков Д.А., Пяткова Я.С., Толкушкина Г.Д., Косачева Ю.Н., Щербаков В.И. 2025. Актуализация методических подходов при проведении ресурсных исследований на гипергалинном озере Большое Яровое (Алтайский край). *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 73. С. 87–100. <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2025-73-87-100>.

For citation: Lukerina G.V., Surkov D.A., Pyatkova Y.S., Tolkushkina G.D., Kosacheva U.N., Scherbakov V.I. 2025. Updating methodological approaches for resource research on the hyperhaline Bolshoe Yarovoe Lake (Altai Territory). *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta* (Bulletin of Kamchatka State Technical University). Iss. 73. P. 87–100 (in Russian). <https://doi.org/10.17217/2079-0333-2025-73-8-100>.

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).

УДК

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

Иванов А.А.¹, Петрова А.А.²

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

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

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

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

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

Ivanov A.A.¹, Petrova A.A.²

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

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

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

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

Текст статьи

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

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

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

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

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

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

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

Образец оформления текста статьи

ВВЕДЕНИЕ

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

.....

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

.....

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

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

.....

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

Представленная таблица показывает стадии процесса деструкции

.....

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показывает, что

Образец оформления формул

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

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

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

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

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

Оформление литературы

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

Образец оформления литературы

ЛИТЕРАТУРА

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

REFERENCES

- Alfimov N.N., Petrov Yu.E. 1972. On the biological and biochemical characteristics of some kelp and fuclean algae (Phaeophyta) of Bering Island (Commander Islands). *Botanicheskiy zhurnal (Botanical Journal)*. Vol. 57. № 6. P. 697–700.
- Aminina N.M., Klochkova N.G. 2002. Prospects for the development of algae processing on the coast of Kamchatka. *Rybolovstvo Rossii (Russian Fishery)*. № 1. P. 54–56.
- Bogdanov V.D., Safronova T.M. 1993. Structuring agents and fish compositions. Moscow: VNIRO-press. 172 p.
- Vafina L.H. 2010. Justification of the integrated technology for processing of the brown algae (Phaeophyta) in obtaining functional food products. *Candidacy dissertation for technical sciences*. Moscow. 280 p.
- Vishnevskaya T.N., Sayapina T.A., Aminina N.M. 1999. Chemical composition and prospects of using extracts from the brown algae. *Proceedings of Russian scientific conference “New biomedical technologies using biologically active additives”*. Vladivostok. P. 10–12.
- Vyalkov A.N., Kozlov V.K., Bobrovnikskiy A.I. 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 polysaccharides. *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.

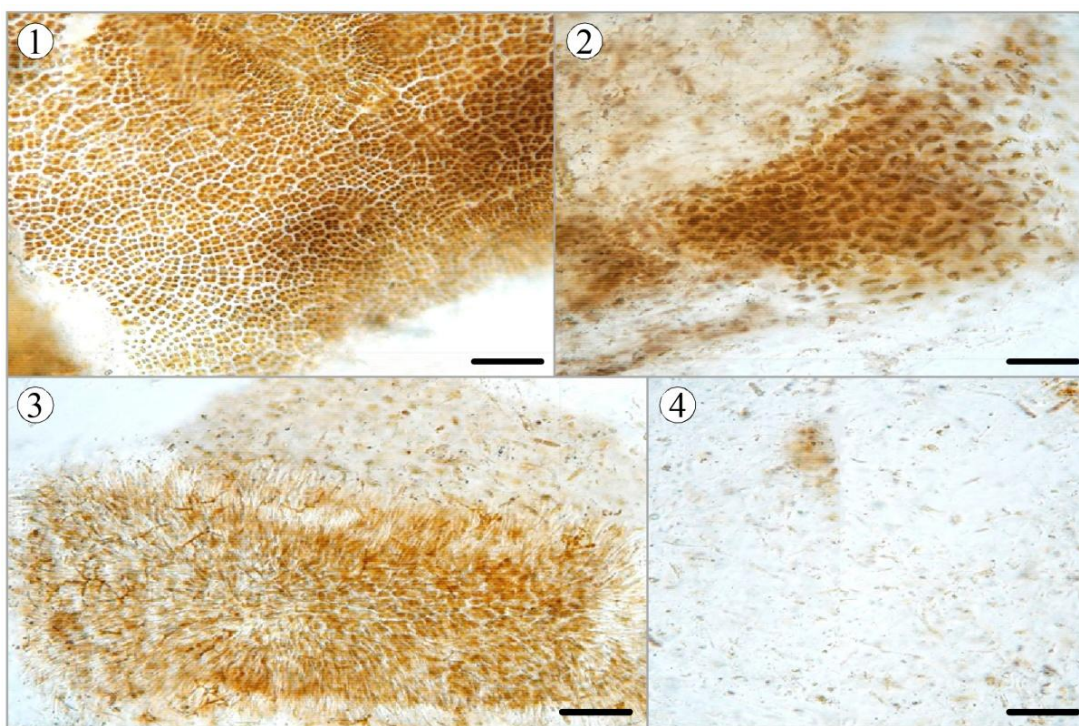


Рис. 1. Последовательность мацерации тканей *Saccharina bongardiana*: 1 – разделение дорсальной и вентральной половин слоевища и разрыхление корового слоя; 2 – разрыхление и дезинтеграция клеток меристодермы и ме-дуллярной ткани; 3 – фрагмент соруса спорангиев с дезинтегрированными зооспорами и парафизами;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

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

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

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

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

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

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

Главный редактор Т.А. Ключкова

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

Адрес редакции, издателя:

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

Дата выхода в свет 30.09.2025 г.
Формат 60*84/8. Печать цифровая. Гарнитура РТ Astra Serif
Авт. л. 7,34. Уч.-изд. л. 8,96. Усл. печ. л. 13,48
Тираж 500 экз. Заказ № КХ25-000084

Подписной индекс в каталоге «Почта России» ПН093

Цена свободная

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

ISSN 2079-0333



9 772079 033418 >