

ISSN 2079-0333

**ВЕСТНИК  
Камчатского  
государственного  
технического  
университета**



Научный  
журнал

---

Основан в 2002 г.

---

16+

**ВЫПУСК**

**69**

**2024**

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**

**69**

**2024**

**Петропавловск-Камчатский**

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

- Клочкова Т.А.** (главный редактор) доктор биологических наук, доктор философии биологии (Ph.D.), профессор кафедры экологии и природопользования Камчатского государственного технического университета
- Царенко С.Н.** (научный редактор, технический раздел) доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры технологических машин и оборудования Камчатского государственного технического университета
- Ольхина О.В.** (ответственный секретарь) заведующий издательством Камчатского государственного технического университета
- Белавина О.А.** (технический секретарь) кандидат химических наук, заведующий сектором патентования и научно-квалификационной деятельности отдела науки и инноваций Камчатского государственного технического университета
- Артемова Е.Н.** доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии продуктов питания и организации ресторанного дела Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева
- Васильев М.В.** кандидат технических наук, капитан 1 ранга, начальник военного учебного центра при Камчатском государственном техническом университете
- Водинчар Г.М.** кандидат физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Института 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 агrobiотехнологий 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 агроботехнологий 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 космофизических исследований и распространения радиоволн Дальневосточного отделения Российской академии наук
- Токранов А.М.** доктор биологических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник Камчатского филиала Тихоокеанского института географии Дальневосточного отделения Российской академии наук
- Усов А.И.** доктор химических наук, главный научный сотрудник Института органической химии имени Н.Д. Зелинского Российской академии наук
- Швецов В.А.** доктор химических наук, доцент, профессор кафедры энергетических установок и электрооборудования судов Камчатского государственного технического университета

## EDITORIAL BOARD

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

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

## Содержание

### РАЗДЕЛ I. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Альшевский Д.Л., Мавлюдов Р.С., Альшевская М.Н.</b> Научное обоснование рецептуры и технологических параметров структурированного наполнителя, приготовленного из недоиспользуемых фракций кальмара.....	8
<b>Мухамбеткалиева Д.С., Абушаева А.Р., Садьгова М.К., Семилет Н.А.</b> Влияние структурообразующих рецептурных ингредиентов и подсластителей на качество суфле из яблок .....	21

### РАЗДЕЛ II. БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Артюхин Ю.Б.</b> О влиянии берегового лова лососей на популяцию короткоклювого пыжика <i>Brachyramphus brevirostris</i> российского сектора Берингова моря.....	39
<b>Степанов В.Г., Панина Е.Г.</b> Сходство фаун морских звезд (Echinodermata: Asteroisdea) морей России.....	57
<b>Аппазова А.Р., Харченко Н.Н., Шамсудинов Ж.М.</b> Водные растения прибрежной зоны Каспийского моря и их практическое применение .....	80
<b>Кривопускова Е.В., Бурбах А.С.</b> Рост европейской ряпушки ( <i>Coregonus albula</i> , L.) озера Виштынецкого (Калининградская область) в период 2012–2016 гг. ....	96
<b>Мезенова О.Я., Агафонова С.В., Романенко Н.Ю., Калинина Н.С., Волков В.В., Лихварь М.В.</b> Изучение потенциала личинки <i>Hermetia illucens</i> и ее гидролизатов для использования в качестве источника белка и жира в аквабиотехнологии .....	111
Правила направления, рецензирования и опубликования рукописей статей.....	126

## Contents

### SECTION I. TECHNICAL SCIENCES

<b>Alshevskiy D.L., Mavlyudov R.S., Alshevskaya M.N.</b> Scientific basis for formulation and technological parameters of structured filler prepared from underused squid fractions .....	8
<b>Mukhambetkaliyeva D.S., Abushaeva A.R., Sadygova M.K., Semilet N.A.</b> The effect of structure-forming ingredients and sweeteners on apple souffle quality .....	21

### SECTION II. BIOLOGICAL SCIENCES

<b>Artukhin Yu.B.</b> On the impact of coastal salmon fishery on the kittlitz's murrelet <i>Brachyramphus brevirostris</i> population in the Russian Bering Sea .....	39
<b>Stepanov V.G., Panina E.G.</b> Similarity of starfish (Echinodermata: Asteroisdea) fauna of Russian seas.....	57
<b>Appazova A.R., Kharchenko N.N., Shamsudinov Zh.M.</b> The Caspian Sea coastal water plants and their practical application.....	80
<b>Krivopuskova E.V., Burbakh A.S.</b> Growth rates of vendace ( <i>Coregonus albula</i> , L.) in the Lake Vishtynetskoye (Kaliningrad region) during 2012–2016.....	96
<b>Mezenova O.Ya., Agafonova S.V., Romanenko N.Yu., Kalinina N.S., Volkov V.V., Likhvar M.V.</b> Studying the potential of <i>Hermetia illucens</i> larva and its hydrolysates for use as a source of protein and fat in aquabiotechnology .....	111
Regulations for manuscript preparation, review and publication.....	126



Научная статья

УДК 664-404.8:594.5

DOI: 10.17217/2079-0333-2024-69-8-20

## НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ РЕЦЕПТУРЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СТРУКТУРИРОВАННОГО НАПОЛНИТЕЛЯ, ПРИГОТОВЛЕННОГО ИЗ НЕДОИСПОЛЬЗУЕМЫХ ФРАКЦИЙ КАЛЬМАРА

Альшевский Д.Л., Мавлюдов Р.С., Альшевская М.Н.

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

При разработке рецептур структурированных наполнителей из различных фракций кальмара необходимо установить параметры, влияющие на реологические и органолептические показатели полученного полуфабриката. Проведены исследования по изучению влияния соотношения массовой доли различных фракций кальмара, комплексной пищевой добавки КФ Стабипро ФЭТ, а также температурных режимов обработки на реологические и органолептические свойства структурированных наполнителей. Установлена массовая доля пищевой добавки КФ Стабипро ФЭТ, равная 4–5%, а также массовая доля измельченной мантии, измельченной или ферментированной кожи кальмара (диапазон от 20 до 50%), необходимые для изготовления структурированного наполнителя, который в дальнейшем может быть использован для производства полуфабрикатов из кальмара.

**Ключевые слова:** альгинат натрия, кожа кальмара, комплексная пищевая добавка КФ Стабипро ФЭТ, мантия кальмара, структурированный наполнитель.

Original article

## SCIENTIFIC BASIS FOR FORMULATION AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF STRUCTURED FILLER PREPARED FROM UNDERUSED SQUID FRACTIONS

Alshevskiy D.L., Mavlyudov R.S., Alshevskaya M.N.

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Soviet Avenue Str. 1.

When developing formulations of structured fillers from various fractions of squid, it is necessary to establish parameters that affect the rheological and organoleptic characteristics of the resulting semi-finished product. The researches of influence of the ratio of the mass fraction of various fractions of squid, the complex food additive KF Stabipro FET, as well as temperature processing conditions on the rheological and organoleptic properties of structured fillers were carried out. The mass fraction of the food additive KF Stabipro FET equal to 4–5%, as well as the mass fraction of crushed mantle, crushed skin, fermented squid skin equal to 20 to 50%, necessary for the production of a structured filler suitable for the further production of semi-finished squid products were established.

**Key words:** sodium alginate, squid skin, complex food additive KF Stabipro FET, squid mantle, structured filler.

## ВВЕДЕНИЕ

Современные тенденции в производстве продуктов питания все более ориентированы на развитие рынка быстрых и легких в приготовлении продуктов, которые одновременно обладали бы высокими органолептическими свойствами, а также имели элементы функционального назначения и пониженную калорийность. Одним из перспективных направлений развития технологий переработки гидробионтов является разработка и широкое внедрение технологий, предусматривающих глубокую переработку сырья, с целью получения пищевых продуктов, максимально готовых к употреблению. Для удовлетворения растущего потребительского спроса перспективным является производство формованных полуфабрикатов из гидробионтов.

Формованная продукция относительно недорогая, по сравнению с другими видами рыбной продукции, при ее производстве можно использовать вторичное сырье от разделки гидробионтов, которое часто является маловостребованным и, как следствие, недоиспользованным производителями пищевых продуктов. Также ее производство позволяет расширить ассортимент выпускаемой продукции, в том числе за счет создания продуктов функционального назначения с заданными вкусовыми и органолептическими характеристиками.

К числу деликатесных и диетических морепродуктов относятся головоногие моллюски (кальмары). Целый комплекс особенностей ставит головоногих моллюсков в разряд ценных промысловых водных объектов промысла. Широкое распространение и способность образовывать плотные скопления, дающие возможность вести эффективный лов, короткий жизненный цикл и быстрый рост определяют высокий уровень их промыслового изъятия.

Но самое главное – отличные вкусовые качества, высокая пищевая ценность и высокий выход продукции – до 80% [Романова и др., 2012].

Значительный вклад в исследование промысловых видов, размерно-массовых и технологических характеристик головоногих моллюсков внесли научные сотрудники АтлантНИРО: М.П. Андреев, Л.И. Перова, А.Б. Одинцов, М.Л. Винокур и другие [Перова и др., 2012].

Расширение ассортимента формованных полуфабрикатов возможно путем введения в рецептуры полуфабрикатов различных начинок, изменяющих в требуемом направлении вкус и запах продукта, кроме того, позволяющих получить поликомпонентные продукты, сбалансированные по нутриентному составу.

Росту выпуска формованных полуфабрикатов из фарша кальмара способствует также возможность использовать для их производства особей с механическими повреждениями, а также щупальца, что делает технологию обработки сырья малотходной, более дешевой и позволит вырабатывать дополнительно ценную высокопитательную пищевую продукцию.

Как правило, в настоящее время в промышленной переработке и в розничной продаже используется очищенная или с кожным покровом мантия кальмара, которая составляет от 37 до 56% от общей массы после разделки. Все оставшиеся съедобные фракции кальмара либо используются ограниченно для производства фаршей (щупальца с кожей с головой и без нее (от 20,7 до 24,3% от массы выловленного кальмара)), либо утилизируются (печень (от 3,7 до 5,9%), гонады (до 2,5%), кожа (от 1,3 до 6,4%)) [Купина, 2008].

Рациональное использование ценных пищевых недоиспользуемых частей кальмара в производстве пищевых продуктов,

а также придание нужных реологических свойств структуре и форме сырья при изготовлении полуфабрикатов является важной задачей в области пищевой технологии.

Существуют разные подходы к формированию необходимой структуры продукта, и одним из таких способов является использование пищевых структурообразователей, которые позволяют создать требуемую консистенцию [Андреев, Морозов, 2020; Богданов и др., 2022; Paper et al., 2022; Kumar et al., 2023]. Структурообразователи, произведенные на основе пищевых альгинатов натрия, из-за простоты применения в технологическом процессе, быстрого получения заданных параметров консистенции полуфабриката, а также существенной экономии изначального сырья, становятся все более используемыми на производстве [Шодиев, Нажмитдинова, 2021; Штенина, 2022; Шодиев, Курбонов, 2022]. Не менее важной составляющей является термостабильность полученного структурированного полуфабриката, которую необходимо учитывать при его последующей тепловой обработке.

Одной из наиболее часто используемых в промышленности добавок на основе альгината натрия для придания соответствующей термостойкой структуры является комплексная пищевая добавка КФ Стабипро ФЭТ. Она применяется для производства мясных и жировых эмульсий (имитации шпика) или мясных гранул из структурированного наполнителя, в количестве приблизительно равном 4% от массы готового полуфабриката. Исследованиям применения пищевых добавок, изготовленных на основе альгината натрия, для создания термостойких структурированных полуфабрикатов, посвящен ряд научных публикаций [Наумов и др., 2020; Korzhavina et al., 2022; Alshevskiy et al., 2022; Альшевский, Аюпова, 2023].

Конечные структурно-механические свойства структурированного наполнителя в значительной степени зависят от состава белково-жировой части исходного сырья. Разработка рецептуры для производства замороженных полуфабрикатов из кальмаров с различными начинками, основанной на применении различных фракций кальмара, особенно из недоиспользуемых и малоценных частей, а также определение оптимальных пропорций между ними и структурирующей добавкой, в том числе изучение влияния температурных факторов при последующей обработке, является текущей и важной задачей.

Целью работы является научное обоснование рецептуры и технологических параметров структурированного наполнителя, приготовленного из недоиспользуемых фракций кальмара.

Для достижения цели был поставлен ряд задач:

- изучить влияние различных фракций кальмара (измельченной мантии, измельченной и ферментированной кожи в гомогенно-измельченном состоянии) и комплексной пищевой добавки КФ Стабипро ФЭТ на органолептические и структурно-механические свойства структурированного наполнителя;
- определить влияние тепловой обработки наполнителя на структурно-механические свойства структурированных наполнителей;
- разработать рецептуры структурированных наполнителей из различных фракций кальмара на основе промышленно изготовленной комплексной пищевой добавки КФ Стабипро.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследований являлась тушка командорского кальмара (лат. *Berryteut-*

*his magister*) неочищенная свежемороженая, а также комплексная пищевая добавка КФ Стабипро ФЭТ для приготовления мясных и жировых эмульсий (имитации шпика) или мясных гранул, изготовленная на основе альгината натрия, и вода питьевая. КФ Стабипро ФЭТ в своем составе содержит альгинат натрия (E401), сульфат кальция (E516), пирофосфаты (E450iii). Все используемое сырье, материалы и образцы, полученные в ходе проведения эксперимента, соответствовали нормативной документации по требованиям безопасности.

Тушка кальмара подвергалась дефростации и обесшкуриванию. Очищенная мантия и отдельно одна часть кожи кальмара измельчались на волчке с диаметром отверстий в выходной ножевой решетке, рав-

ной 3 мм. Другая часть кожи кальмара подвергалась гидролизу комплексом кислых протеиназ (ферментным препаратом Энзимикс У) в количестве 0,1% к массе сырья. Процесс гидролиза осуществлялся в течение 2,5 часа при температуре  $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ , и далее проводилась инактивация ферментного препарата при температуре  $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$  в течение 15 минут.

На первом этапе проводились исследования влияния массовой доли комплексной пищевой добавки КФ Стабипро ФЭТ на органолептические и реологические характеристики (прочность, упругость) структурированного наполнителя, изготовленного на основе измельченной мантии кальмара по рецептурам № 2.1-2.5, представленным в таблице 1.

Таблица 1. Рецептурный состав структурированного наполнителя, приготовленного из различных фракций кальмара (измельченной мантии, измельченной кожи, ферментированной кожи)

Table 1. Recipe of a structured filler prepared from various fractions of squid (crushed mantle, crushed skin, fermented skin)

Содержание составных компонентов наполнителя, % (соотношение различных фракций кальмара к воде,%)	Образцы, №				
	№ 1.1	№ 1.2	№ 1.3	№ 1.4	№ 1.5
Измельченная мантия кальмара	19 (20)	38 (40)	57 (60)	76 (80)	95 (100)
Вода	76 (80)	57 (60)	38 (40)	19 (20)	0 (0)
Комплексная пищевая добавка КФ Стабипро ФЭТ	5	5	5	5	5
	№ 2.1	№ 2.2	№ 2.3	№ 2.4	№ 2.5
Измельченная мантия кальмара	19,8 (20)	19,6 (20)	19,4 (20)	19,2 (20)	19,0 (20)
Вода	79,2 (80)	78,4 (80)	77,6 (80)	76,8 (80)	76,0 (80)
Комплексная пищевая добавка КФ Стабипро ФЭТ	1	2	3	4	5
	№ 3.1	№ 3.2	№ 3.3	№ 3.4	
Измельченная кожа кальмара	23,75 (25)	47,5 (50)	71,25 (75)	95 (100)	
Вода	71,25 (75)	47,5 (50)	23,75 (25)	0 (0)	
Комплексная пищевая добавка КФ Стабипро ФЭТ	5	5	5	5	
	№ 4.1	№ 4.2	№ 4.3	№ 4.4	
Ферментированная кожа кальмара	23,75 (25)	47,5 (50)	71,25 (75)	95 (100)	
Вода	71,25 (75)	47,5 (50)	23,75 (25)	0 (0)	
Комплексная пищевая добавка КФ Стабипро ФЭТ	5	5	5	5	

На втором этапе исследований, после установления по органолептическим и реологическим показателям необходимой массовой доли комплексной пищевой добавки КФ Стабипро ФЭТ, изучалось влияние массовой доли полученных фракций кальмара на органолептические и реологические (прочность, упругость) показатели структурированного наполнителя, в зависимости от соотношения составных компонентов в смеси, по рецептурам (образцы № 1.1–1.5, № 3.1–3.4, № 4.1–4.4), представленным в таблице 1.

На третьем этапе исследований проводилось изучение влияния температурной обработки на органолептические и реологические (прочность) показатели образцов структурированных наполнителей из измельченной мантии кальмара, приготовленных по рецептуре № 1.1 (табл. 1). Образцы нагревались от +5 до +100°C в течение 2 часов и далее охлаждались или отеплялись до комнатной температуры, равной 20°C, в течение 1 часа. У подвергнутых тепловой обработке образцов далее определялись показатели прочности, а также рассчитывался показатель падения прочности после нагревания.

Показатели прочности всех изготовленных образцов структурированного наполнителя и падения прочности после нагревания структурированных наполнителей определяли по методике, прописанной в ГОСТ 26185-84 «Водоросли морские, травы морские и продукты их переработки. Методы анализа». Метод определения прочности структурированных наполнителей основан на определении массы нагрузки, необходимой для разрушения структуры опытного образца. Каждый опытный образец подвергался измерению в трех равноудаленных точках для получения наиболее точных результатов. За окончание опыта принималась масса, которая вы-

зывала прорыв структуры. Метод падения прочности структурированных наполнителей после нагревания основан на определении массы нагрузки, необходимой для разрушения структуры образца. Падение прочности структурированного наполнителя после нагревания  $X_{21}$  вычисляли в процентах по формуле:

$$X_{21} = \frac{(C - C_1)}{C} 100, \quad (1)$$

где  $C$  – прочность структурированного наполнителя до нагревания, г;

$C_1$  – прочность структурированного наполнителя после нагревания, г.

Упругость всех изготовленных образцов структурированного наполнителя определяли по разработанной на кафедре технологии продуктов питания ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» методике, в основе которой лежит определение значения величины упругости. Упругость  $U$  вычисляли по формуле:

$$U = \frac{\xi_0}{\xi_m} 100, \quad (2)$$

где  $\xi_0$  – значение мгновенной деформации,  $10^{-3}$  м;

$\xi_m$  – величина максимальной деформации,  $10^{-3}$  м (через 3 минуты).

Математическая обработка результатов научных исследований осуществлялась с помощью программного обеспечения Microsoft Office 2016.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На предварительном этапе исследований в процессе чистки мантии кальмара была получена его кожа (рис. 1, № 1), у которой в дальнейшем одна часть была

подвергнута ферментации (образец ферментированной кожи кальмара представлен на рис. 1, № 3), а другая – измельчению на волчке (образец измельченной кожи кальмара представлен на рис. 1, № 2).

В процессе проведения исследований был определен выход кожи (8,8%), мантии (7,6%), полученный после дефростации и чистки кальмара. Соответственно, безвозвратные потери при проведении

данных технологических операций составили 15,2%.

На рисунке 2 и в таблице 2 представлены результаты первого этапа исследований влияния массовой доли комплексной пищевой добавки КФ Стабипро ФЭТ на прочность структурированного наполнителя, изготовленного на основе измельченной мантии кальмара по рецептурам № 2.1–2.5 (см. табл. 1).



Рис. 1. Образцы: кожи кальмара после чистки мантии кальмара (№ 1); измельченной кожи кальмара (№ 2); ферментированной кожи кальмара (№ 3)

Fig. 1. Samples: squid skin after cleaning the squid's mantle (№ 1); crushed squid skin (№ 2); fermented squid skin (№ 3)

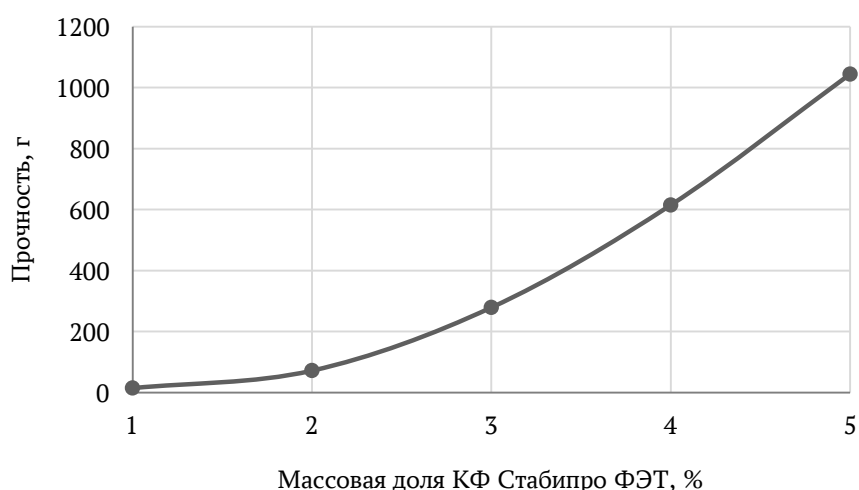


Рис. 2. Влияние массовой доли комплексной пищевой добавки КФ Стабипро ФЭТ на показатели прочности структурированного наполнителя, изготовленного на основе измельченной мантии кальмара

Fig. 2. The influence of the mass fraction of the complex food additive KF Stabipro FET on the strength indicators of a structured filler, made from crushed squid mantle

Таблица 2. Изменение структурно-реологических показателей и органолептическое описание готовых структурированных наполнителей из мантии кальмара в зависимости от массовой доли комплексной пищевой добавки КФ Стабипро ФЭТ

Table 2. Changes in structural and rheological parameters and organoleptic description of finished structured fillers from squid mantle depending on the mass fraction of the complex food additive KF Stabipro FET

Образцы	Прочность, г	Упругость	Органолептическое описание готового структурированного наполнителя
№ 2.1	15,0 ± 0,7	0,0	Консистенция рыхлая, излишне нежная, однородная, не-удовлетворительно держит форму
№ 2.2	72,3 ± 3,6	68,9 ± 3,4	
№ 2.3	279,3 ± 14,0	82,2 ± 4,1	Консистенция относительно плотная, немного мягковатая, однородная, удовлетворительно держит форму
№ 2.4	615,0 ± 30,7	82,7 ± 4,1	Консистенция плотная, твердая, однородная, хорошо держит форму
№ 2.5	1044,3 ± 52,2	70,4 ± 3,5	

Из представленных данных видно, что с увеличением массовой доли пищевой добавки КФ Стабипро ФЭТ растет прочность структурированного наполнителя, изготовленного на основе измельченной мантии кальмара. При массовой доле комплексной пищевой добавки КФ Стабипро ФЭТ 4% прочность структурированного наполнителя достигает необходимых технологических значений, описанных органолептически в таблице 2.

На следующих этапах исследований были изучены структурированные наполнители с массовой долей пищевой добавки КФ Стабипро ФЭТ, равной 5%, как образцы с наилучшими показателями прочности.

На рисунке 3 и в таблице 3 показано влияние соотношения массовой доли различных фракций кальмара (измельченная мантия; ферментированная, измельченная кожа) к воде на прочность структурированного наполнителя по рецептурам № 1.1–1.5, 3.1–3.4 и 4.1–4.4 (см. табл. 1).

По полученным реологическим данным видно, что чем больше массовая доля различных фракций кальмара (образцы № 1.1–1.5, № 3.1–3.4, № 4.1–4.4) в структурированном наполнителе, тем ниже его реологические характеристики. При этом отмечается, что все образцы, имеющие показатели прочности выше 500 г, имеют хорошие упруго-пластические свойства, достаточные для применения их в производстве полуфабрикатов из кальмара.

На рисунке 4 представлен внешний вид образцов № 3.1–3.4, изготовленных из измельченной кожи кальмара, а также образец № 1.1 – с применением измельченной мантии кальмара.

На рисунке 5 представлен внешний вид образцов № 4.1–4.4, изготовленных из ферментированной кожи кальмара, а также образец № 1.1 – с применением измельченной мантии кальмара.

На представленных на рисунке 4 и 5 образцах можно наблюдать, что наиболее выраженной окраской обладают наполнители с наибольшей массовой долей фракций кожи кальмара как измельченной, так и ферментированной. При этом особенно выраженной и приятной окраской обладают образцы, изготовленные из ферментированной кожи кальмара (образцы № 4.2 и 4.3 с массовой долей ферментированной кожи 40 и 80%). Следует отметить, что структурированные наполнители на основе измельченной кожи кальмара визуально обладают более дряблой и волокнистой консистенцией, по сравнению с аналогичными образцами с ферментированной кожей кальмара, что значительно ухудшает их органолептические характеристики. При этом выявляется зависимость: чем больше массовая доля измельченной кожи кальмара в структурированном наполнителе, тем более дряблой и волокнистой структурой характеризуется полуфабрикат.

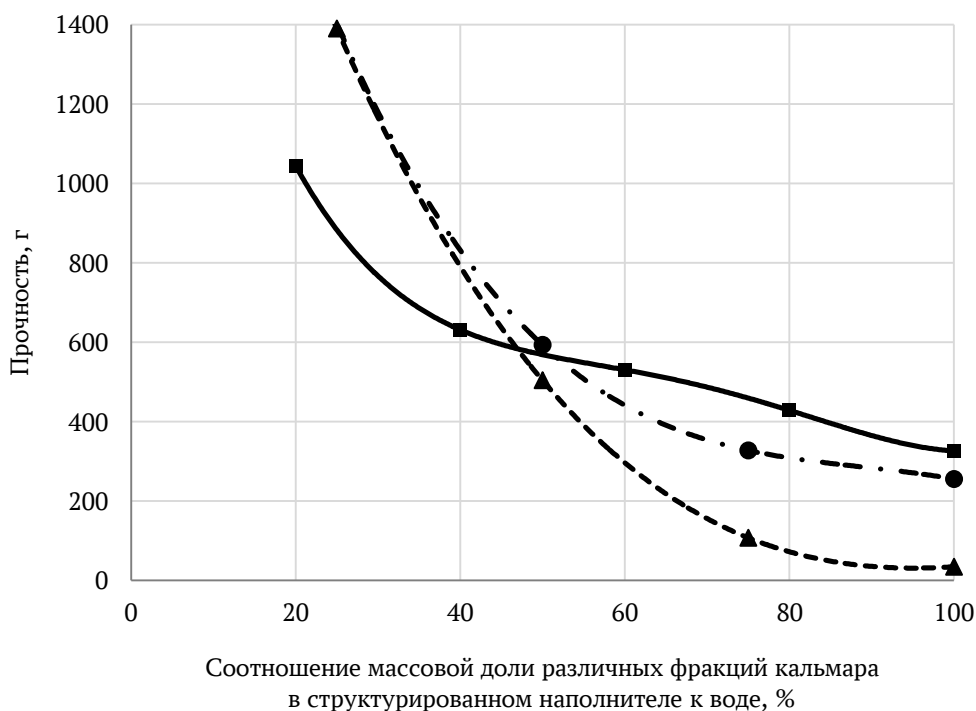


Рис. 3. Влияние соотношения массовой доли различных фракций кальмара (-■- измельченная мантия; -●- ферментированная кожа; -▲- измельченная кожа) к воде на прочность структурированного наполнителя

Fig. 3. The influence of the ratio of the mass fraction of various fractions of squid (-■- crushed mantle; -●- fermented skin; -▲- crushed skin) to water on the strength of the structured filler

Таблица 3. Изменение структурно-реологических показателей и органолептическое описание готовых структурированных наполнителей из различных фракций кальмара в зависимости от их массовой доли в наполнителе

Table 3. Changes in structural and rheological parameters and organoleptic description of finished structured fillers from various fractions of squid depending on their mass fraction in the filler

Образцы	Прочность, г	Упругость	Органолептическое описание готового структурированного наполнителя
№ 1.1	1 044,3 ± 52,2	70,0 ± 3,5	Консистенция плотная, твердая, однородная, хорошо держит форму
№ 1.2	631,7 ± 31,6	54,3 ± 2,8	
№ 1.3	530,0 ± 26,5	80,8 ± 4,0	
№ 1.4	428,0 ± 21,3	80,6 ± 4,0	Консистенция относительно плотная, немного мягковатая, с включениями небольших мелких крупинок мышечной ткани кальмара, удовлетворительно держит форму
№ 1.5	329,0 ± 16,4	70,4 ± 3,5	
№ 3.1	1 390,0 ± 69,5	85,0 ± 4,2	Консистенция плотная, твердая, однородная, хорошо держит форму
№ 3.2	504,0 ± 25,2	94,7 ± 4,7	
№ 3.3	107,7 ± 5,4	82,2 ± 4,1	Консистенция мягкая, немного дряблая, с включениями небольших мелких крупинок кожи кальмара, удовлетворительно держит форму
№ 3.4	34,0 ± 1,7	74,2 ± 3,8	
№ 4.1	1 402,0 ± 70,1	80,0 ± 4,0	Консистенция плотная, твердая, однородная, хорошо держит форму
№ 4.2	593,3 ± 29,7	73,3 ± 3,7	
№ 4.3	327,3 ± 16,4	79,4 ± 3,9	Консистенция относительно не плотная, немного мягковатая, однородная, неудовлетворительно держит форму
№ 4.4	255,3 ± 12,8	64,0 ± 3,0	



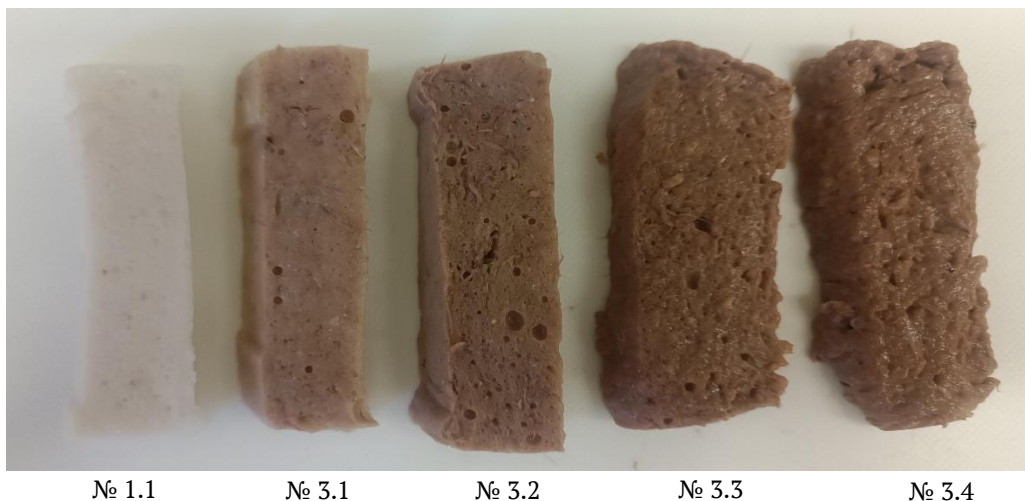


Рис. 4. Образцы структурированного наполнителя с соотношением массовой доли измельченной кожи кальмара к массовой доле воды 25 : 75 (№ 3.1), 50 : 50 (№ 3.2), 75 : 25 (№ 3.3), 100 : 0 (№ 3.4), а также образец, изготовленный с применением измельченной мантии кальмара (№ 1.1)

Fig. 4. Samples of structured filler with a ratio of the mass fraction of crushed squid skin to the mass fraction of water 25 : 75 (№ 3.1), 50 : 50 (№ 3.2), 75 : 25 (№ 3.3), 100 : 0 (№ 3.4), as well as a sample manufactured with crushed squid mantle (№ 1.1)

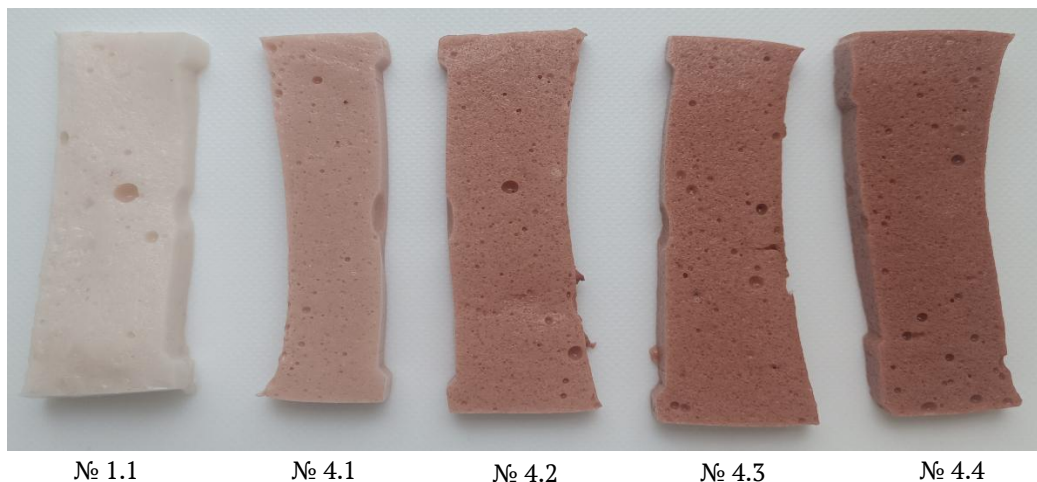


Рис. 5. Образцы структурированного наполнителя с соотношением массовой доли ферментированной кожи кальмара к массовой доле воды 25 : 75 (№ 4.1), 50 : 50 (№ 4.2), 75 : 25 (№ 4.3), 100 : 0 (№ 4.4), а также образец, изготовленный с применением измельченной мантии кальмара (№ 1.1)

Fig. 5. Samples of structured filler with a ratio of the mass fraction of fermented squid skin to the mass fraction of water 25 : 75 (№ 4.1), 50 : 50 (№ 4.2), 75 : 25 (№ 4.3), 100 : 0 (№ 4.4), as well as a sample manufactured with crushed squid mantle (№ 1.1)

На рисунке 6 представлены результаты третьего этапа исследований изменения показателя прочности готовых структурированных наполнителей из измельченной мантии кальмара в зависимости от воздействия на него температуры в диапазоне от 5 до 100°С.

Из представленных на рисунке 6 данных видно, что образцы структурированного наполнителя, изготовленные по рецептуре № 1.1, подвергнутые температурной обработке, имеют практически двукратное увеличение показателей прочности после воздействия на них высоких

температур до 100°C. При отеплении образцов структурированного наполнителя с +5 до +20°C показатели прочности незначительно уменьшаются.

Из данных, представленных в таблице 4, видно, что показатель падения прочности структурированного наполнителя после отепления образцов незначительно, на 5,4%, увеличивается, а далее при последующем нагревании до +100°C имеет резко отрицательные значения (минус 86,4%), что характеризует упрочнение исследуемо-

го наполнителя. Поэтому данные прочностные изменения при нагревании важно учитывать при высокотемпературной технологической обработке структурированного наполнителя в готовом полуфабрикate.

В таблице 4 представлены данные изменения показателей падения прочности после нагревания структурированных наполнителей, изготовленных из измельченной мантии кальмара, в зависимости от воздействия на них температуры в диапазоне от +5 до +100°C

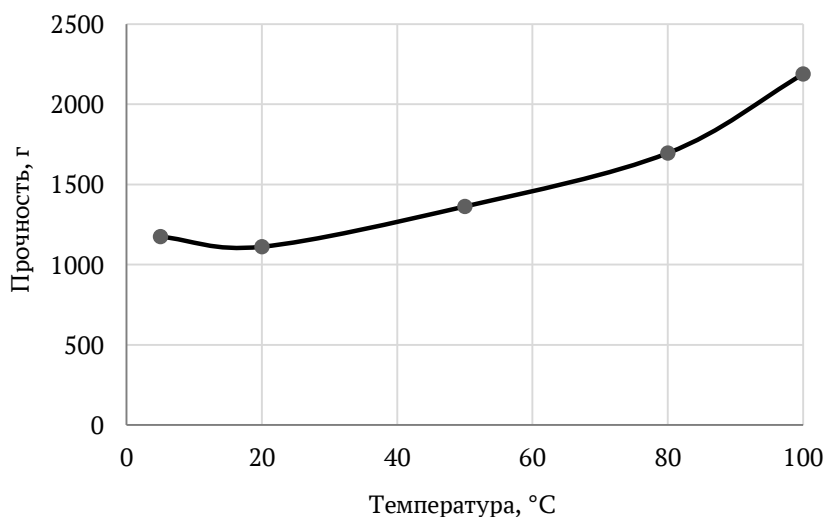


Рис. 6. Изменения показателей прочности готовых структурированных наполнителей из измельченной мантии кальмара в зависимости от воздействия на него температуры в диапазоне от +5 до +100°C

Fig. 6. Changes in the strength indicators of finished structured fillers from crushed squid mantle depending on the effect of temperature in the range from +5 to +100°C

Таблица 4. Данные изменения показателей падения прочности после нагревания структурированных наполнителей, изготовленных из измельченной мантии кальмара, в зависимости от воздействия на них температуры в диапазоне от +5 до +100°C

Table 4. Changes in strength loss indicators after heating structured fillers made from crushed squid mantle, depending on the effect of temperature in the range from +5 to +100°C

№ п/п	Температура, °C	Показатель падения прочности после нагревания структурированного наполнителя, %
1	+5	0
2	+20	+5,4
3	+50	-16,0
4	+80	-44,3
5	+100	-86,4

В соответствии с вышеприведенными данными для производства полуфабрикатов из кальмара рекомендуется следующий рецептурный состав структурированного наполнителя: исследуемые фракции кальмара (20–50%), комплексная пищевая добавка КФ Стабипро ФЭТ (4–5%).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комплексная пищевая добавка КФ Стабипро ФЭТ в соотношении 4–5% к массовой доле других компонентов (измельченная мантия, измельченная или ферментированная кожа кальмара, вода) дает устойчивую структуру готового структурированного наполнителя.

Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод, что для производства полуфабрикатов из кальмара рекомендуется изготавливать структурированный наполнитель на основе изученных съедобных фракций кальмара (измельченной мантии, измельченной или ферментированной кожи кальмара) и воды с соотношением их в следующих диапазонах: 20–50 к 80–50% соответственно.

Проведенные исследования показали, что наилучшей окраской обладают образцы с массовой долей ферментированной кожи кальмара в структурированном наполнителе от 40 до 80%.

Определено, что прочность образцов структурированного наполнителя из измельченной мантии кальмара увеличивается практически в два раза в процессе температурной обработки (при нагреве до +100°C).

## ЛИТЕРАТУРА

Альшевский Д.Л., Аюпова Т.М. 2023. Разработка рецептуры имитационного шпика на основе жиросодержащих компонентов конины. *Технология*

*и товароведение инновационных пищевых продуктов*. ОГУ им. И.С. Тургенева. № 6 (83). С. 8–12.

Андреев М.П., Морозов И.О. 2020. Влияние структурообразователей различной природы на реологические свойства жележных пищевых продуктов на основе вторичного рыбного сырья. *Известия КГТУ*. № 57. С. 89–98.

Богданов В.Д., Симдянкин А.А., Панкина А.В., Мостовой В.Д. 2022. Исследование влияния структурорегулирующих добавок на свойства рыбных фаршевых систем. *Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета*. Т. 25. № 3. С. 219–230.

Купина Н.М. 2008. Сезонные изменения размерно-массового состава тихоокеанского кальмара *Todarodes pacificus*. *Известия ТИНРО*. Т. 153. С. 399–403.

Наумов В.А., Коржавина Ю.Н., Шибeko А.Г. и др. 2020. Регрессионная модель плотности имитационного шпика. *Известия КГТУ*. № 58. С. 94–102.

Перова Л.И., Винокур М.Л., Андреев М.П. 2012. Технологическая характеристика гигантского кальмара дозидикуса (*Dosidicus gigas*) и его рациональное использование. *Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство*. № 2. С. 164–170.

Романова А.И., Ивченкова Е.Н., Альшевский Д.Л., Шендерюк В.И. 2012. Формованные полуфабрикаты из фарша кальмара. *Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство*. № 2. С. 171–177.

Шодиев Д.А., Курбонов Х.А. 2022. Перспективы использования пищевых добавок в пищевой промышленности. *Universum: технические науки*. 5 (98). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13734> (дата обращения: 04.04.2024).

Шодиев Д.А., Нажмитдинова Г.К. 2021. Пищевые добавки и их значение.

- Universum: технические науки*. 10 (91). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12344> (дата обращения: 04.04.2024).
- Штенина Д.В. 2022. Обзор функционально-технологических добавок, применяемых при производстве формованных изделий из гидробионтов. *Вестник науки и образования*. № 1 (121). Ч. 2. С. 34–37.
- Alshevskiy D. et al. 2022. Application of fat-containing edible fish waste for making imitation lard. *AIP Conf. Proc.* 2636, 020015. URL: <https://doi.org/10.1063/5.0103970>.
- Korzhavina Yu.N. et al. 2022. Scientific substantiation of the use of imitation fat in the production of semifinished fish products. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry*. № 3. P. 66–73.
- Kumar A. et al. 2023. Exploitation of Seaweed Functionality for the Development of Food Products. *Food and Bioprocess Technology*. Vol. 16. P. 1873–1903.
- Paper R. et al. 2022. Recent advances in fabrication of food grade oleogels: structuring methods, functional properties and technical feasibility in food products. *Journal of Food Measurement and Characterization*. Vol. 16. P. 4687–4702.
- tures on the rheological properties of jelly food products based on secondary fish raw materials. *Izvestiya KGTU (KSTU News)*. № 57. P. 89–98 (in Russian).
- Bogdanov V.D., Simdyankin A.A., Pankina A.V., Mostovoy V.D. 2022. Study of the influence of structure-regulating additives on the properties of minced fish systems. *Vestnik MGTU. Trudy Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (Vestnik of MSTU. Scientific Journal of Murmansk State Technical University)*. Vol. 25. № 3. P. 219–230 (in Russian).
- Kupina N.M. 2008. Seasonal changes in the size and mass composition of the Pacific squid *Todarodespasicus*. *Izvestia Tihookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybohozajstvennogo tcentra (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 153. P. 399–403 (in Russian).
- Naumov V.A., Korzhavina Yu.N., Shibeko A.G. et al. 2020. Regression model of simulated backfat density. *Izvestiya KGTU (KSTU News)*. № 58. P. 94–102 (in Russian).
- Perova L.I., Vinokur M.L., Andreev M.P. 2012. Technological characteristics of the giant squid *Dosidicus gigas* and its rational use. *Vestnik AGTU. Seriya: Rybnoe hozyajstvo (Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry)*. № 2. P. 164–170 (in Russian).
- Romanova A.I., Ivchenkova E.N., Alshevskiy D.L., Shenderyuk V.I. 2012. Molded semi-finished products from minced squid. *Vestnik AGTU. Seriya: Rybnoe hozyajstvo (Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry)*. № 2. P. 171–177 (in Russian).
- Shodiev D.A., Kurbonov H.A. 2022. Prospects for the use of food additives in the food industry. *Universum: tekhnicheskiye nauki (Universum: Technical Sciences)*.

## REFERENCES

- Alshevsky D.L., Ayupova T.M. 2023. Development of a recipe for imitation lard based on fat-containing components of horse meat. *Tekhnologiya i tovarovedeniye innovatsionnykh pishchevykh hproduktov (Technology and the Study of Merchandise of Innovative Foodstuffs)*. № 6 (83). P. 8–12 (in Russian).
- Andreev M.P., Morozov I.O. 2020. The influence of structure formers of various na-

- 5 (98). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13734> (accessed on 04.04.2024) (in Russian).
- Shodiev D.A., Nazhmitdinova G.K. 2021. Food additives and their importance. *Universum: tekhnicheskkiye nauki (Universum: Technical Sciences)*. 10 (91). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12344> (accessed on 04.04.2024) (in Russian).
- Shtenina D.V. 2022. Review of functional and technological additives used in the production of molded products from aquatic organisms. *Vestnik nauki i obrazovaniya (Bulletin of Science and Education)*. № 1 (121). Part 2. P. 34–37 (in Russian).
- Alshevskiy D. et al. 2022. Application of fat-containing edible fish waste for making imitation lard. *AIP Conf. Proc.* 2636, 020015. URL: <https://doi.org/10.1063/5.0103970>.
- Korzhavina Yu.N. et al. 2022. Scientific substantiation of the use of imitation fat in the production of semifinished fish products. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing industry*. № 3. P. 66–73.
- Kumar A. et al. 2023. Exploitation of Seaweed Functionality for the Development of Food Products. *Food and Bioprocess Technology*. Vol. 16. P. 1873–1903.
- Paper R. et al. 2022. Recent advances in fabrication of food grade oleogels: structuring methods, functional properties and technical feasibility in food products. *Journal of Food Measurement and Characterization*. Vol. 16. P. 4687–4702.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Альшевский Дмитрий Леонидович** – Калининградский государственный технический университет; 236022, Россия, Калининград; кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии продуктов питания; [alshevsky.dmitry@mail.ru](mailto:alshevsky.dmitry@mail.ru). SPIN-код: 2208-0523, Author ID: 258985; Scopus ID: 57331273300.

**Alshevskiy Dmitry Leonidovich** – Kaliningrad State Technical University; 236022, Russia, Kaliningrad; Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor of the Food Technology Chair; [alshevsky.dmitry@mail.ru](mailto:alshevsky.dmitry@mail.ru). SPIN-code: 2208-0523, Author ID: 258985; Scopus ID: 57331273300.

**Мавлюдов Руслан Серанович** – Калининградский государственный технический университет; 236022, Россия, Калининград; магистрант; [mavludovruslan6@gmail.com](mailto:mavludovruslan6@gmail.com).

**Mavlyudov Ruslan Seranovich** – Kaliningrad State Technical University; 236022, Russia, Kaliningrad; Master's Student; [mavludovruslan6@gmail.com](mailto:mavludovruslan6@gmail.com).

**Альшевская Марина Николаевна** – Калининградский государственный технический университет; 236022, Россия, Калининград; кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии продуктов питания; [marina.alshevskaya@klgtu.ru](mailto:marina.alshevskaya@klgtu.ru). SPIN-код: 8655-8874, Author ID: 403768; Scopus ID: 57895273700.

**Alshevskaya Marina Nikolaevna** – Kaliningrad State Technical University; 236022, Russia, Kaliningrad; Candidate of Technical Sciences, Docent, Associate Professor of the Food Technology Chair; [marina.alshevskaya@klgtu.ru](mailto:marina.alshevskaya@klgtu.ru). SPIN-code: 8655-8874, Author ID: 403768; Scopus ID: 57895273700.

Статья поступила в редакцию 13.04.2024; одобрена после рецензирования 26.07.2024; статья принята к публикации: 10.09.2024.

The article was submitted 13.04.2024; approved after reviewing 26.07.2024; accepted for publication 10.09.2024.

Научная статья

УДК 664.681.9

DOI: 10.17217/2079-0333-2024-69-21-38

## ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИХ РЕЦЕПТУРНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ И ПОДСЛАСТИТЕЛЕЙ НА КАЧЕСТВО СУФЛЕ ИЗ ЯБЛОК

Мухамбеткалиева Д.С., Абушаева А.Р., Садыгова М.К., Семилет Н.А.

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, ул. Соколова, 335.

В данной статье теоретически и экспериментально доказана целесообразность замены яблочного пюре торговой марки на пюре из свежих яблок в технологии суфле, а также использование в качестве стабилизатора агара пищевого, и в качестве подсластителя меда натурального. По результатам органолептических показателей наблюдается улучшение консистенции готового изделия, суфле приобретает более плотную и пористую структуру. Цвет изделия меняется из серого до молочно-кремового, что повышает потребительские качества продукции. По физико-химическим и микробиологическим показателям суфле соответствует требованиям нормативно-технической документации и ТР ТС 021/2011. Благодаря присутствующим в меде натуральным собственным белкам наблюдается улучшение пенообразующей способности суфле, причем пена характеризуется более плотной и устойчивой структурой. Кроме того, с внесением меда натурального увеличивается вязкость продукта, что указывает на ее стабилизирующие свойства.

**Ключевые слова:** агар пищевой, вязкость, мед натуральный, органолептические показатели качества, пенообразующая способность, плотность пены, стабилизатор, суфле, устойчивость пены, физико-химические показатели качества, яблоки свежие.

Original article

## THE EFFECT OF STRUCTURE-FORMING INGREDIENTS AND SWEETENERS ON APPLE SOUFFLE QUALITY

Mukhambetkalieva D.S., Abushaeva A.R., Sadygova M.K., Semilet N.A.

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Sokolovaya Str. 335.

This article theoretically and experimentally proves the expediency of replacing apple puree of the trademark with mashed fresh apples in soufflé technology, as well as the use of food agar as a stabilizer, and natural honey as a sweetener. According to the results of organoleptic indicators, an improvement in the consistency of the finished product is observed, the soufflé structure becomes more dense and porous. The color of the product changes from gray to milky cream, that increases the consumer quality of the products. In terms of physico-chemical and microbiological parameters, the soufflé meets the requirements of regulatory and technical documentation and TR CU 021/2011. Due to the natural proteins in natural honey, there is an improvement in the foaming ability of the soufflé, and the foam is characterized by a denser and more stable structure. In addition, with the addition of natural honey, the viscosity of the product increases, which indicates its stabilizing properties.

**Key words:** food agar, viscosity, natural honey, organoleptic quality indicators, foaming ability, foam density, stabilizer, soufflé, foam stability, physico-chemical quality indicators, fresh apples.

## ВВЕДЕНИЕ

На российском рынке выделяют следующий ассортимент взбивных десертов: молочные десерты (21% рынка), фруктово-ягодные десерты (8% рынка), кремовые десерты (5% рынка). На территории Российской Федерации увеличивается спрос на взбивные десерты на основе молочного и фруктово-ягодного сырья [Бекешева, Якубова, 2018; Неповинных и др., 2016; Трухачев и др., 2016].

Особенностью взбивных десертов является употребление их в охлажденном виде, при этом изделия характеризуются желеобразной или пенообразной консистенцией благодаря внесению в их рецептуры желирующих веществ (крахмал, желатин, агар и агароид, пектин и пектиновые вещества, альгинаты и др.). К данной категории изделий относится суфле, имеющее пенообразную структуру с мелкими равномерно распределенными пузырьками воздуха [Магомедов и др., 2014].

На сегодняшний день зафиксировано увеличение потребления углеводов, жиров с одновременным уменьшением физической нагрузки населения, что приводит к ускоряющимся темпам прироста числа людей с ожирением во всех странах. Ученые всего мира решают вопросы, связанные со снижением калорийности продуктов питания и с расширением ассортимента инновационных продуктов для специализированного и функционального питания. Актуальной задачей в нынешнее время является снижение калорийности пищевых продуктов без ухудшения органолептических показателей качества готовых изделий. Для этого необходимо подобрать низкокалорийные физиологически активные компоненты, позволяющие снизить калорийность продукта, повысить его пищевую ценность без ухудшения органолеп-

тических показателей качества [Дождалева и др., 2011]. К примеру, Г.О. Магомедовым и другими учеными было разработано суфле пониженной сахароемкости благодаря применению в качестве сахарозаменителя патоки [Магомедов и др., 2014].

Сложные углеводы фруктов и овощей обладают способностью всасываться в кровь медленно, при этом они не вызывают резкое повышение глюкозы в крови, тогда как простые сахара характеризуются обратным действием (свекловичный, тростниковый сахар) [Артемьева и др., 2003; Абрамова и др., 2017]. Поэтому актуальным направлением в развитии кондитерской отрасли является разработка технологии производства конкурентоспособного суфле из яблок с диетическими свойствами, обогащенного функциональными ингредиентами. Внесение функциональных ингредиентов в рецептуру суфле из яблок позволит получить продукт, обогащенный пищевыми волокнами, витаминами, минеральными веществами, полиненасыщенными жирными кислотами, антиоксидантами, при одновременном снижении содержания калорий [Бобченко, 2017; Губаненко и др., 2015; Маюрникова и др., 2020].

Химический состав у плодов яблок разных сортов различается в зависимости от степени зрелости, от условий культивации яблонь, от срока хранения и многих других факторов. Содержание воды в плодах может находиться в пределах от 84 до 90%, сахаров – от 5 до 15%, клетчатки – от 0,59 до 1,38%, а дубильных веществ – 0,025 до 0,27% [Елисеева, Ткачева, 2018]. Яблоко насыщено витамином С, укрепляющим иммунную систему и стенки сосудов, повышающим их непроницаемость токсинами. Витамин С улучшает общее самочувствие человека, участвует в регенерации клеток и в повышении их тонуса. Фитонциды, содержащиеся в яблоках, являются природными антибиотиками, что

рекомендовано в профилактическом питании от большого разнообразия болезней (грипп, дизентерия, золотистый стафилококк). Калий и дубильные вещества служат профилактикой мочекаменных заболеваний и подагры, благодаря их способности, не позволяющей солям мочевой кислоты выпадать в осадок. Также известно, что яблоки служат профилактикой и помогают при лечении желчнокаменной болезни, благодаря желчегонному действию, что предотвращает появление холецистита в крови. Железо, содержащееся в плодах яблок, помогает при анемии и обладает высокой биологической усвояемостью. Пектин, который содержится в яблочных волокнах, необходим для расщепления и вывода холестерина из организма (благодаря снижению его запаса в печени, уменьшается риск сердечных заболеваний и развитие атеросклероза), также пектин способствует улучшению состояния зубов (очищает налет на эмали и ротовую полость в целом). Плоды яблок богаты йодом, в особенности косточки (6 косточек содержат суточную норму йода), что позволяет отнести данный плод к лечебно-профилактическому средству от болезней щитовидной железы [Кириянова, Иванова, 2019; Дубс, Чернова, 2018; Ткачева, Елисеева, 2021; Левгерова и др., 2021; Велямов и др., 2022].

Известны современные разработки на основе плодов яблок. Например, Е.В. Алексеенко с соавторами разработали технологию снеков для поддержания иммунитета и здоровья людей с использованием вторичного сырья продуктов переработки яблок. Сочетание ягодных ингредиентов с финиковой пастой, яблочным сиропом, яблочными волокнами и изолятом соевого белка позволяет получить продукт с хорошими потребительскими свойствами, причем изделие характеризуется повышенным содержанием белка и функциональных пи-

щевых ингредиентов – витамина С и пищевых волокон [Алексеенко и др., 2021].

В технологии суфле усложняется процесс образования пены из-за одновременного влияния множества факторов: физико-химических, физико-технических и др. Поэтому необходимо изучить влияние подсластителя меда натурального и стабилизатора (студнеобразователя) агара пищевого на пенообразование суфле из яблок. Мед натуральный и агар пищевой позволяют снизить сахароемкость продукта, ускорить технологический процесс, что позволит повысить экономическую эффективность производства и улучшить качество готовой продукции, а также расширить ассортимент продукции для халяльного и вегетарианского питания, обогащенной важными для организма нутриентами и сниженной энергетической ценностью [Санжаровская, Храпко, 2017].

Пенообразование и студнеобразование – это основные физико-химические процессы, необходимые для достижения высокой стабильности структуры пены и получения готового изделия высокого качества. Скорость пенообразования и однородность дисперсии создают пенообразную структуру, а для получения устойчивой пены необходимы студнеобразователи [Магомедов и др., 2014; Магомедов и др., 2018].

Поэтому цель работы – изучить влияние структурообразующих рецептурных ингредиентов и подсластителей на качество суфле из яблок.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в условиях учебной лаборатории кафедры «Технологии продуктов питания» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова» (г. Саратов).



Сырье, используемое в работе: яблоки свежие (ГОСТ 34314-2017), яблочное пюре (ГОСТ 32742-2014), желатин (ГОСТ 11293-2017), агар пищевой (ГОСТ 16280-2002), сахар белый (ГОСТ 33222-2015), мед натуральный (ГОСТ 19792-2017).

В соответствии с целью исследований была разработана рецептура суфле и взбивного десерта из яблок свежих с использованием в качестве стабилизатора агара пищевого, а в качестве подсластителя – меда натурального.

Для оценки качества суфле был проведен сравнительный анализ разработанных изделий с контрольным образцом. Технология производства яблочного суфле (контрольный образец): в яблочное пюре торговой марки дозировать желатин, перемешать и оставить для набухания в течение 10 минут. По истечении времени яблочную массу нагреть на водяной бане до полного растворения набухших гранул желатина, не доводя до кипения. После чего яблочную массу охладить до температуры 27–28°C и добавить сахар белый с последующим взбиванием яблочной массы до увеличения в объеме в 3,5–4 раза в течение 20 минут. Формование взбитой массы осуществить в прямоугольную форму, а выстаивание массы – в условиях холодильной камеры при температуре от 0 до +4°C в течение 4 часов, после чего продукт готов к употреблению. Хранение готового изделия составляет не более трех суток при температуре от 0 до +4°C.

Способ производства суфле опытных образцов отличается тем, что вместо яблочного пюре торговой марки используются предварительно подготовленные яблоки свежие, которые варят в емкости с водой в течение 10 минут до размягчения. После окончания варки яблочную массу остужают до температуры 27–28°C. В качестве подсластителя используется мед натуральный, а в качестве стабилизатора – агар пищевой.

Агар заливают теплой водой и настаивают при комнатной температуре в течение 10 минут, перед добавлением в яблочную массу доводят до кипения с добавлением подсластителя и кипятят в течение 2–3 минут. Первоначально начинают взбивать яблочное пюре, а сироп дозируют постепенно тонкой струйкой при взбивании. Выстаивание суфле осуществляют при температуре от 0 до 40°C в течение 4 часов.

Рецептуры на образцы яблочного суфле представлены в таблице 1.

Варианты опыта различаются по виду подсластителя и стабилизатора в рецептуре суфле из яблок (см. табл. 2).

Органолептические показатели качества суфле из яблок определяли в соответствии с ТТК 3760. Комплексную оценку качества готовых изделий оценивали по двадцатибалльной шкале по следующим показателям качества: внешний вид, форма, цвет, вкус, запах, консистенция.

Физико-химические показатели качества определяли в соответствии с общепринятыми методиками: титруемая кислотность по ГОСТ 5898-87; массовая доля влаги – методом растворения навески; массовая доля золы – по ГОСТ 5901-2014; способность к синерезису (отделению влаги) суфле, для этого навески массой 20 граммов выдерживали в течение 5 суток при температуре 25°C в термостате, после чего объем выделившейся влаги измеряли мерным цилиндром. Оценка цвета была проведена на приборе для оперативного измерения цвета – колориметре NR-110 (Китай).

Микробиологические показатели качества определяли через трое суток хранения готовых изделий при температуре (30 ± 1)°C по количеству: мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) – по ГОСТ 33536-2015, плесневых грибов (ПГ) – по ГОСТ 10444.12-88, БГКП – по ГОСТ 31747-2012 и сальмонеллы – по ГОСТ 31659-2012.

Таблица 1. Рецептуры яблочного суфле

Table 1. Apple souffle recipe

Наименование сырья	Массовая доля сухих веществ, %	Расход сырья на загрузку, г, на 1 000 кг															
		Контрольный образец				Образец 1				Образец 2				Образец 3			
		на загрузку	в сухих веществах	количество сырья на 1 т готовой продукции, кг	в сухих веществах	на загрузку	в сухих веществах	количество сырья на 1 т готовой продукции, кг	в сухих веществах	на загрузку	в сухих веществах	количество сырья на 1 т готовой продукции, кг	в сухих веществах	на загрузку	в сухих веществах	количество сырья на 1 т готовой продукции, кг	
Яблочное пюре	10,0	250,0	25,0	261,61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Яблоки свежие	10,0	-	-	-	250,0	25,0	262,53	250,0	25,0	293,46	250,0	25,0	250,0	25,0	294,36	250,0	25,0
Желатин	84,0	10,0	8,4	87,90	-	-	-	10,0	8,4	98,60	-	-	-	-	-	-	-
Агар пищевой	82,0	-	-	-	10,0	8,2	86,04	-	-	-	-	-	10,0	8,2	117,74	-	-
Сахар белый	99,9	40,0	39,96	418,16	40,0	39,96	419,31	40,0	39,96	419,73	-	-	-	-	-	-	-
Мед натуральный	80,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40,0	32,0	40,0	40,0	469,53	40,0	470,98
Вода питьевая	-	-	-	-	93,75	-	983,73	93,75	-	1 100,46	93,75	-	93,75	-	1 103,83	93,75	-
Итого	-	300,0	73,36	767,68	393,75	73,16	4 131,69	393,75	73,16	4 621,97	393,75	65,4	393,75	65,2	4 636,15	393,75	65,2
Потери сухого вещества 1,0%	-	-	-	7,68	-	-	7,68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Выход	76,0	95,56	72,63	760,0	95,30	72,43	1 000,0	86,92	66,06	1 000,0	760,0	64,55	84,93	64,55	1 000,0	760,0	64,55
Коэффициент пересчета	-	-	-	10,46456	-	-	10,49317	-	-	11,73823	-	-	-	-	11,77423	-	-

Таблица 2. Матрица опыта (рецептуры приведены в таблице 1)

Table 2. Experience matrix (the formulations are shown in Table 1)

Наименование сырья	Образцы суфле из яблок			
	Контрольный образец	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Яблочное пюре торговой марки	100	–	–	–
Пюре из свежих яблок	–	100	100	100
Желатин пищевой	100	–	100	–
Агар пищевой	–	100	–	100
Сахар белый	100	100	–	–
Мед натуральный	–	–	100	100

Основные функциональные показатели, характеризующие качество белка и его способность образовывать пенную структуру, определяли по следующим показателям: пенообразующая способность, стабильность пены (устойчивость или стойкость) и плотность пены.

Пенообразующую способность определяли по формуле:

$$ПС = (h_k \cdot 100) / h_n, \quad (1)$$

где ПС – пенообразующая способность;

$h_k$  – высота столба пены после взбивания, см;

$h_n$  – начальная высота смеси до взбивания, см.

Способность пены в процессе выдерживания ее в течение 3 часов при комнатной температуре сохранять объем, состав дисперсии и препятствовать синерезису, то есть устойчивость пены определяли по формуле:

$$УП = (H \cdot 100) / h_k, \quad (2)$$

где УП – устойчивость взбитой массы;

$H$  – высота пены после выдерживания, см;

$h_k$  – высота столба пены после взбивания, см.

Плотность пены определяли как отношение определенной массы пены к объему сосуда, измеренному с помощью дистиллированной воды.

Вязкость продукции определяют на приборе ротационный вискозиметр Brookfield модели DV2T. Крутящий момент определяют для расчета поворота объекта в жидкости, что является функцией вязкости этой жидкости. Оптимальное значение крутящего момента – 10–100%. Данное условие было соблюдено посредством замены шпинделя или изменения скорости его вращения. Выбор шпинделя и скорости вращения для жидкости с неизвестными свойствами осуществляется путем проб и ошибок. Скорость сдвига рассчитывается автоматически прибором с помощью постоянной скорости сдвига (SRC) [Руководство по эксплуатации Brookfield DV2T; Мишагин, 2020].

Пищевую ценность готовых изделий определяли по содержанию пищевых веществ в 100 г изделия стандартным методом. Энергетическая ценность (калорийность) – это доля энергии, высвобождаемой в организме человека из пищевых веществ продуктов питания для обеспечения его физиологических функций:

$$ЭЦ = Б \cdot 4,0 + Ж \cdot 9,0 + У \cdot 4,0, \quad (3)$$

где ЭЦ – энергетическая ценность 100 г изделия, кКал.;

$Б$  – содержание белков, г на 100 г изделия;

$Ж$  – содержание жиров, г на 100 г изделия;

У – содержание углеводов, г на 100 г изделия;

4,0; 9,0; 4,0 – количество энергии, выделяемой при сгорании в организме 1 г белков, жиров и углеводов соответственно, кКал/г.

Степень удовлетворения суточной потребности оценивали по значениям средней суточной нормы в пищевых веществах и энергии для различных возрастов по действующим методическим рекомендациям и нормативно-техническим документам. Расчет производили для граждан разных возрастных категорий и половой принадлежности, с учетом физической активности, а конкретно для работников умственного труда с коэффициентом физической





активности, равным 1,4 (группы 18–29, 30–44, 45–64 года). Для расчета физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для мужчин и женщин старше трудоспособного возраста (группы 65–74 года и старше 75 лет) использован КФА, равный 1,7 [Тутельян и др., 2021].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В составе пюре торговой марки имеется сахар белый, для уменьшения углеводной нагрузки исследовали замену его на пюре собственного приготовления в рецептуре опытных образцов суфле. Органолептические показатели качества суфле из яблок представлены в таблице 3.

Таблица 3. Органолептические показатели качества суфле из яблок (рецептуры приведены в таблице 1)

Table 3. Organoleptic quality indicators of apple soufflé (the formulations are shown in Table 1)

Наименование показателей	По ТТК 3760	Образцы суфле из яблок			
		Контрольный образец	Образец 1	Образец 2	Образец 3
					
Внешний вид	Характерный данному виду изделия	Поверхность покрыта железирующей корочкой			
Форма	–	Прямоугольная, с гладкой поверхностью			
Цвет	Характерный рецептурным ингредиентам	Серый, равномерный по всей массе	Молочно-белый, с сероватым оттенком, равномерный по всей массе	Молочно-белый, с сероватым оттенком, равномерный по всей массе	Молочно-белый, равномерный по всей массе
Вкус	Характерный рецептурным ингредиентам, без посторонних привкусов	Сладкий, свойственный яблочному пюре, без посторонних привкусов	Кисло-сладкий, свойственный яблоку, без посторонних привкусов	Кисло-сладкий, свойственный яблоку, без посторонних привкусов	Кисло-сладкий, свойственный яблоку, без посторонних привкусов
Запах	Характерный рецептурным ингредиентам, без посторонних запахов	Свойственный яблочному пюре, без посторонних запахов			
Консистенция	–	Нежная, пористая, поры слабо выражены	Нежная, пористая, поры ярко выражены	Нежная, пористая, поры ярко выражены	Нежная, пористая, поры ярко выражены

Исходя из данных, представленных в таблице 3, следует, что суфле из яблок свежих (образцы 1–3) соответствует требованиям ТТК 3760. Опытные образцы характеризуются улучшенной консистенцией, в отличие от контрольного образца, более нежной и пористой структурой. Замена готового яблочного пюре торговой марки на пюре из яблок свежих, способствовала

улучшению цвета суфле (образцы 1–3) – более светлый, молочно-кремовый. Контрольный образец суфле излишне сладкий из-за рецептурного содержания сахара белого в составе яблочного пюре торговой марки. Потребители отмечают более приятный кисло-сладкий вкус у образцов 1–3.

Результаты дегустационной оценки качества представлены на рисунке 1.

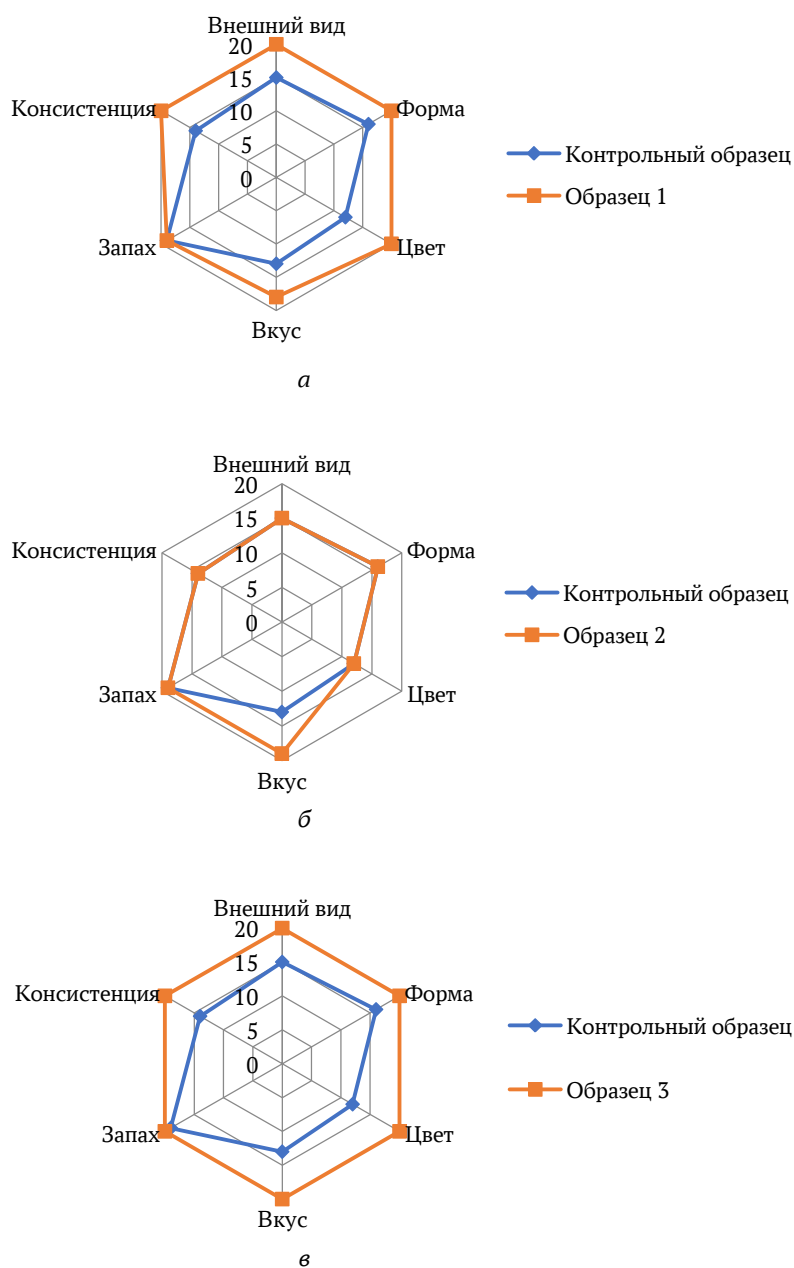


Рис. 1. Комплексная оценка качества суфле из яблок: а – контрольный образец и образец 1; б – контрольный образец и образец 2; в – контрольный образец и образец 3 (рецептуры приведены в таблице 1)

Fig. 1. Comprehensive assessment of the quality of apple souffle: а – control sample and sample 1; б – control sample and sample 2; в – control sample and sample 3 (the formulations are shown in Table 1)

Из результатов дегустационной оценки качества (рис. 1) выделяется образец 3, изготовленный из яблок свежих с применением в качестве стабилизатора агара пищевого и в качестве подсластителя меда натурального, в связи с тем, что изделие отличается улучшенной пористой и воздушной консистенцией. В результате замены сахара белого на мед изделие приобретает приятный для потребителя кисло-сладкий вкус и диетические свойства.

Стабилизаторы и яблоки свежие влияют на цвет готовых образцов суфле, поэтому была проведена оценка цвета на приборе Колориметр NR-110 (Китай). Проведенные исследования изменения цвета на колориметре NR-110 подтверждают, что вводимые в рецептуру суфле стабилизаторы и яблоки свежие влияют на цвет. График зависимости цветовой гаммы от дозировки различных стабилизаторов в рецептуре суфле показан на рисунке 2.

С дозировкой агара пищевого и меда натурального (образец 3) в рецептуре взбивного десерта по оси  $L^*$  светлость суфле незначительно уменьшается на 20,63%, по сравнению с контрольным образцом (рис. 2), изделие обладает молочно-белым, равномерным по всей массе цветом (см. табл. 1). Красные компоненты ( $+a^*$ ) в образцах 1–3 уменьшаются, благодаря замене яблочного пюре торговой марки на пюре из яблок собственного приготовления, причем в большей степени данное явление наблюдается в образце 3 с использованием агара пищевого и меда натурального (на 62,84% меньше, чем в контрольном образце). Самый высокий показатель желтых компонентов ( $+b^*$ ) в контрольном образце и составляет 13,58. Степень белизны цветности меньше у образцов 1 и 3 с применением в качестве стабилизатора агара пищевого в связи с уменьшением в суфле количества белков, придающих изделию

при взбивании пенной структуры светлого цвета, то есть данное изделие отличается наиболее ярким цветом. Величина общей характеристики цвета ( $\Delta E$ ) говорит о разности двух продуктов. Для изделий на основе агара пищевого в наибольшей степени наблюдается различие величины  $\Delta E$  для образца 1 на 44,28%, а в наименьшей степени – для образца 3 на 21,56%, по сравнению с контрольным образцом. Можно сделать вывод о том, что по результатам определения цветовых компонентов образцов суфле наиболее близким к контрольному образцу является образец 3.

Результаты физико-химических показателей качества суфле из яблок представлены в таблице 4.

По физико-химическим показателям (табл. 4) в суфле с внесением меда натурального наблюдается незначительное увеличение массовой доли влаги в образцах 1 и 3 на 0,5 и 0,2% соответственно, что не превышает нормативных значений. Явление синерезиса в десертах из яблок с внесением меда натурального и агара пищевого не наблюдается.

Результаты микробиологических показателей качества представлены в таблице 5.

По микробиологическим показателям качества (см. табл. 5) все образцы из яблок соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011.

В ходе исследования определяли пенообразующую способность, плотность и агрегативную устойчивость взбитой массы (рис. 3–5).

Исследования показали (см. рис. 3), что максимальные значения пенообразующей способности наблюдались в образце 2 с использованием желатина в качестве стабилизатора и меда натурального в качестве подсластителя. Замена сахара белого на мед натуральный и готового яблочного пюре торговой марки на яблочное пюре собственного приготовления приводит

к повышению пенообразующей способности суфле для образца 2 на 53,50%, по сравнению с контрольным образцом, благодаря белкам меда натурального и качеству пюре из яблок свежих, которое содержит значительное количество собственных сахаров и пищевых волокон, стабилизирующих систему и активно участвующих в пенообразовании белковых систем. В результате замены желатина на

агар пищевой показатель пенообразующей способности снижается на 39,65 и 17,61% для образцов 1 и 3, по сравнению с контролем, в связи с тем, что в агаре содержание белков в 10,26 раза меньше, чем в желатине. Тогда как введение меда натурального в образец 3 позволяет увеличить данный показатель на 26,74%, по сравнению с образцом 1, что связано с химическим составом рецептурных компонентов.

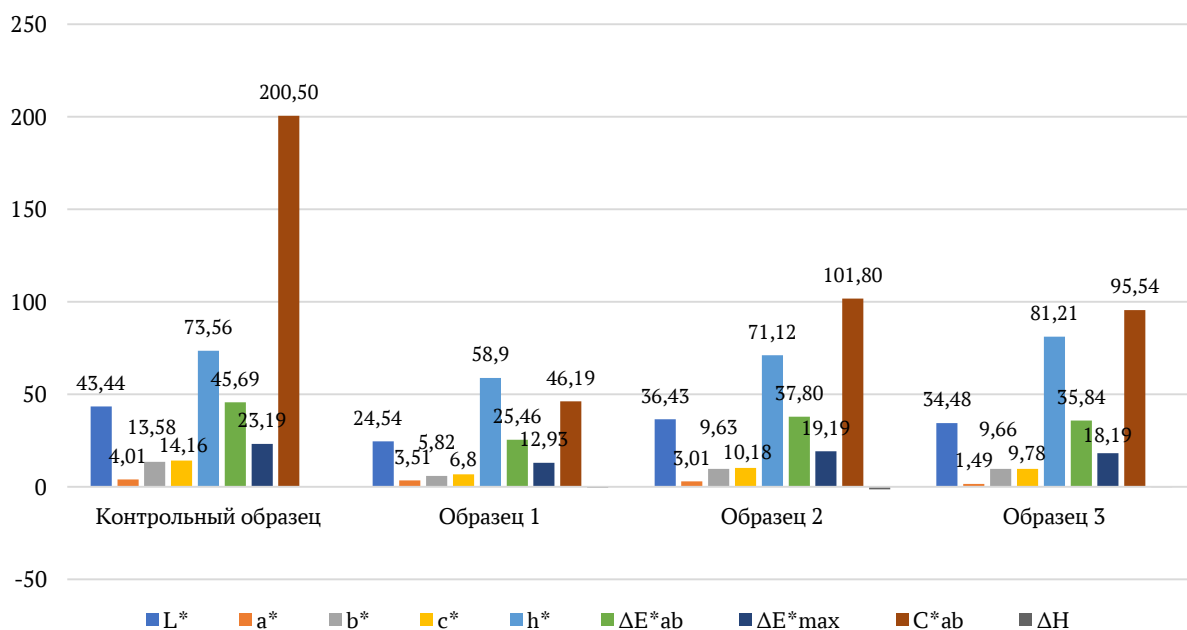


Рис. 2. Цветовой компонент образцов (рецептуры приведены в таблице 1): шкала L\* – степень белого, шкала +a\* – степень красного, шкала -a\* – степень зеленого, шкала +b\* – степень желтого, шкала -b\* – степень синего цветов, C\* – степени белизны цветности, h<sub>ab</sub> – угол цветового тона, ΔE – общая характеристика цвета, ΔE\*max – общая характеристика цвета максимальная, ΔH – евклидова разность в цвете между двумя образцами

Fig. 2. The color component of the samples (the formulations are shown in Table 1): scale L\* – degree of white, scale +a\* – degree of red, scale -a\* – degree of green, scale +b\* – degree of yellow, scale -b\* – degree of blue, C\* – degree of whiteness of chromaticity, h<sub>ab</sub> – angle of color tone, ΔE is the general color characteristic, ΔE\*max is the maximum general color characteristic, ΔH is the Euclidean color difference between two samples

Таблица 4. Влияние агара пищевого и меда натурального на физико-химические показатели качества суфле из яблок (рецептуры приведены в таблице 1)

Table 4. The effect of food agar and natural honey on the physico-chemical quality indicators of apple soufflé (the formulations are shown in Table 1)

Показатели качества	Контрольный образец	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Массовая доля влаги, %	23,0 ± 0,5	23,5 ± 0,5	23,0 ± 0,4	23,2 ± 0,5
Массовая доля золы, %	0,048	0,049	0,045	0,046
Титруемая кислотность, град	0,5 ± 0,5	0,42 ± 0,5	0,41 ± 0,2	0,42 ± 0,4
Синерезис, г	Отсутствует			

Таблица 5. Микробиологические показатели суфле из яблок

Table 5. Microbiological parameters of apple soufflé

Наименование показателя	Образцы суфле из яблок				Норма по ТР ТС021/2011
	Контрольный образец	Образец 1	Образец 2	Образец 3	
Плесени, КОЕ/г, не более	5	6	4	4	200
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	$3,1 \times 10^2$	$3,2 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$	$3,2 \times 10^2$	$5 \times 10^5$
БГКП (колиформы)	Не обнаружены				1,0
Патогенные, в том числе сальмонеллы	Нет роста				1,0

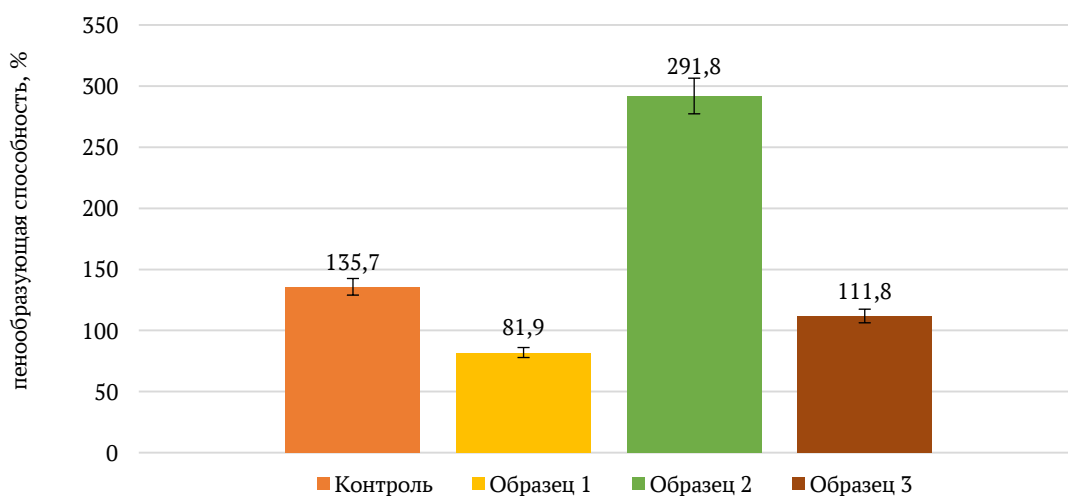


Рис. 3. Пенообразующая способность суфле из яблок (рецептуры приведены в таблице 1)

Fig. 3. Foaming ability of apple soufflé (the formulations are shown in Table 1)

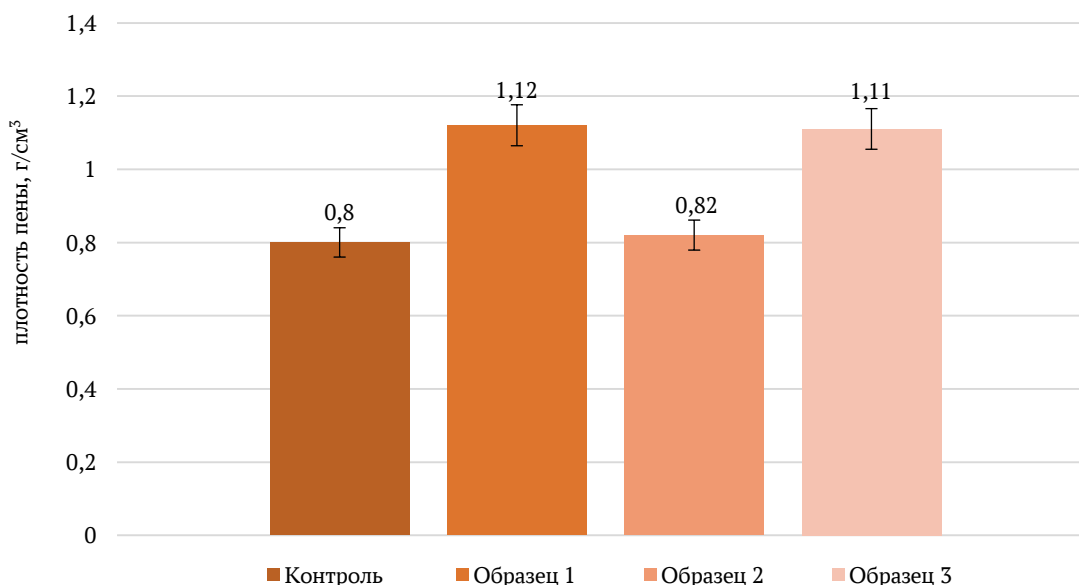


Рис. 4. Плотность пены в зависимости от состава суфле (рецептуры приведены в таблице 1)

Fig. 4. Foam density depending on the composition of the soufflé (the formulations are shown in Table 1)



Плотность суфле с использованием в качестве стабилизатора агара пищевого (образцы 1 и 3) увеличивается на 28,57 и 27,93% соответственно, в отличие от контрольного образца, что указывает на более интенсивное насыщение массы воздушными пузырьками (рис. 4).

Исследовали влияние растительных добавок на устойчивость пены. На рисунке 5 представлены значения устойчивости пены в течение трех часов всех видов исследуемых образцов.

Устойчивость пены (рис. 5) для суфле всех образцов составляет 100% и не изменяется в течение 3 часов ее выдерживания, но наблюдается незначительная потеря структуры пены для суфле с использованием в качестве стабилизатора желатина,

так как некоторое количество пузырьков в образцах контрольном и 2 во время выдерживания полопались. В образцах 1 и 3 с агаром пищевым данное явление не наблюдается, в связи с чем можно сделать вывод о хороших стабилизирующих свойствах агара пищевого.

Реологический эксперимент является важным источником сведений о реологическом взаимодействии частиц дисперсных систем и состоянии их поверхности. Рецепттурные компоненты суфле влияют на вязкость пены, поэтому в ходе исследования определили динамическую вязкость суфле на ротационном вискозиметре Brookfield DV2T. Физические параметры исследованных образцов суфле из яблок представлены в таблице 6.

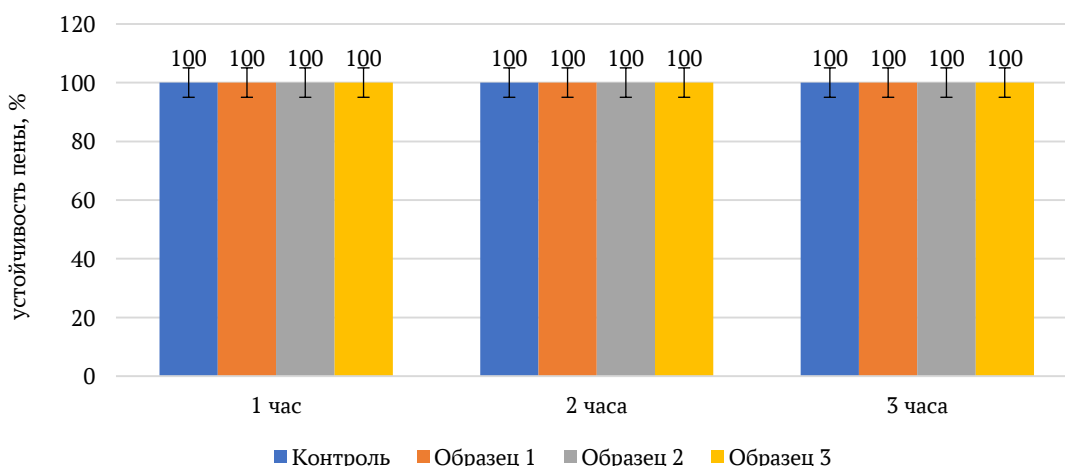


Рис. 5. Влияние различных видов добавок на агрегативную устойчивость суфле (рецептуры приведены в таблице 1)

Fig. 5. The effect of various types of additives on the aggregate stability of souffle (the formulations are shown in Table 1)

Таблица 6. Физические параметры исследованных образцов

Table 6. Physical parameters of the studied samples

Наименование показателей	Образцы суфле			
	Контрольный образец	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Вязкость, мПа·с	104,7	45,0	148,3	56,0
Температура, °С	14,2	13,2	14,7	12,8
Крутящий момент, %	13,14	13,2	44,5	16,8
Скорость сдвига, RPM	12,0	12,0	12,0	12,0

Как известно, растворы желатина характеризуются низкой вязкостью (1–7 мПа·с), поэтому даже при температурах 50–70°C их легче использовать в работе, чем растворы других гидроколлоидов, тогда как вязкость агара пищевого при концентрации 0,1–0,7% составляет 50–120 мПа·с [Шипунов и др., 2018]. Кроме того, он не плавится при комнатной температуре, поэтому лучше подходит для желе, тортов и других десертов.

Вязкость стабилизаторов зависит от многих факторов: температуры, концентрации, содержания ионов, значения рН и молекулярной массы стабилизатора. У агара пищевого оптимальный рН составляет более 4,0. Из таблицы 6 видно, что крутящий момент находится в пределах 10–100% для всех образцов. Скорость сдвига рассчитана автоматически прибором с помощью постоянной скорости сдвига (SRC), во всех исследуемых образцах данный показатель одинаковый и составляет 12,0 оборотов в минуту. В образцах суфле из яблок с использованием агара пищевого в качестве стабилизатора (образцы 1 и 3) вязкость ниже, чем в образцах с желатином (образцы контрольный и 2) в 1,9–3,3 раза. Как известно, способность агара образовывать студни уменьшается в присутствии кислот, которые имеются в яблоках, что является причиной уменьшения показателей вязкости в изделиях с использованием агара пищевого в качестве стабилизатора.

Вязкость меда натурального и сахарного сиропа зависит от температуры, так как с увеличением температурного режима вязкость продукта уменьшается. Исследования были проведены в условиях лаборатории с температурой не более 20°C. При таких условиях вязкость цветочного жидкого меда составляет 359,8 Па·с, а сахарного сиропа – 0,00033 Па·с. С внесени-

ем меда натурального в суфле из яблок наблюдается увеличение вязкости для образцов 2 и 3 на 29,4 и 19,64%, по сравнению с образцами контрольным и 1 соответственно (табл. 6), что связано с реологическими свойствами подсластителей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Суфле из яблок с внесением агара пищевого приобретает улучшенную, более пористую консистенцию, привлекательную для потребителей. Кроме того, использование агара пищевого в качестве студнеобразователя позволяет отнести готовые изделия к категории продуктов с маркировкой «халаль». В группе изделий выделяется образец 3, изготовленный из яблочного пюре собственного производства. Замена в суфле сахара белого на мед натуральный придает изделию привлекательный сладко-кислый вкус и диетические свойства.

По физико-химическим показателям в суфле с внесением меда натурального наблюдается незначительное увеличение массовой доли влаги в образцах 1 и 3 на 0,5 и 0,2% соответственно, что не превышает нормативных значений. Явление синерезиса в десертах из яблок с внесением меда натурального и агара пищевого не наблюдается. По микробиологическим показателям качества все образцы суфле из яблок находятся в пределах нормы и соответствуют требованиям ТР ТС 021/2011.

В образце 2 замена сахара белого на мед натуральный и готового яблочного пюре торговой марки на пюре яблочное из свежих яблок способствует улучшению качества пены, она приобретает более светлый кремовый оттенок и увеличивается в объеме в три раза, по сравнению с контрольным образцом. Для образца 3 пена более качественная, чем в образце 1,

благодаря присутствующим в меде натуральным собственным белкам. При замене сахара белого на мед натуральный пенообразующая способность белка повышается, так как в состав меда входят декстрины, обладающие свойствами поверхностно-активных веществ. Причем мед натуральный значительно повышает вязкость пленок пены и способствует замедлению оттока жидкости из пены.

На основании полученных экспериментальных результатов разработан пакет нормативно-технической документации на суфле «Халяль» из яблок «Алма» (СТО 00493497-006-2022).

## ЛИТЕРАТУРА

- Абрамова Ю.П., Агеева Ю.П., Долгорукова М.В., Матвеева А.А. 2017. Возможность использования подсластителей при производстве сливочных десертов. *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства*. № 19. С. 159–161.
- Алексеев Е.В., Петрова А.А., Рубан Н.В., Бакуменко О.Е. 2021. Разработка рецептурной композиции функционального снекового батончика на основе растительных ингредиентов. *Health, Food & Biotechnology*. С. 43–59.
- Артемова Е.Н., Левгерова Н.С., Осина С.Ю. 2003. Применение стевии в качестве подсластителя при производстве черносмородинового сока лечебно-профилактического. *Материалы Международной научно-технической конференции «Химия природных соединений. Проблема XXI века. Направление (проблема) «Товароведение, технология и биотехнология пищевых продуктов»*. С. 47–50.
- Бекешева А.А., Якубова О.С. 2018. Качественная оценка потребительских свойств и сенсорных показателей качества сладких желированных блюд функционального назначения. *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. № 5 (52). С. 96–102.
- Бобченко В.И. 2017. Разработка технологии и товароведная оценка мороженого с использованием переработанного растительного сырья, содержащего функциональные ингредиенты. *Диссертация ... канд. техн. наук*. Владивосток. 243 с.
- Велямов М.Т., Оспанов А.Б., Попова Н.В. и др. 2022. Изучение районированных сортов плодовоовощной продукции для разработки технологий получения биоэкологических продуктов с функциональными свойствами. *Вестник Южно-Уральского государственного университета*. Т. 10. № 1. С. 30–38.
- Возненко М.А., Бондаренко И.И., Яценко Б.О., Неміріч О.В. 2016. Технологические аспекты изготовления взбитого блюда с порошком из топинамбура. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького*. Т. 18. № 2 (68). С. 32–36.
- Губаненко Г.А., Маюрникова Л.А., Рубчевская Л.П. 2015. Перспективы комплексного использования регионального нетрадиционного растительного сырья при производстве пищевых продуктов. *Пищевая промышленность*. № 4. С. 23–27.
- Дождалева М.И., Гончар В.В., Калашникова Т.В. 2011. Разработка технологий и рецептур диабетических сахаристых кондитерских изделий с использованием продуктов переработки клубней топинамбура. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. № 2–3. С. 66–68.
- Дубс А.А., Чернова А.В. 2018. Обоснование проектирования обогащенного йо-

- дом пищевого продукта из растительного сырья. *Вестник молодежной науки*. № 3 (15). 7 с.
- Елисеева Т., Ткачева Н. 2018. Яблоко (*Malus domestica*). *Журнал здорового питания и диетологии*. *Journal.edaplus.info*. № 4 (6). С. 33–43.
- Кирьянова В.А., Иванова В.В. 2019. Яблоко и его полезные свойства. *Материалы научно-практической конференции «Наука и молодежь Красноярья – шаг в будущее»*. С. 165–171.
- Левгерова Н.С., Салина Е.С., Макаркина М.А. 2021. Сравнительный анализ содержания катехинов в плодах новых сортов яблони селекции ВНИИСПК и продуктах их переработки. *Химия растительного сырья*. № 2. С. 227–236.
- Магомедов Г.О., Лобосова Л.А., Магомедов М.Г., Барсукова И.Г. 2014. Суфле пониженной сахароемкости. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. № 2. С. 108–111.
- Магомедов Г.О., Лобосова Л.А., Рожков С.А., Селина Н.А. 2018. Выбор оптимальных параметров получения сбивных изделий без яичного белка. *Техника и технология пищевых производств*. Т. 48. № 2. С. 82–88.
- Маюрникова Л.А., Кокшаров А.А., Крапива Т.В., Новоселов С.В. 2020. Обогащение пищевых продуктов как фактор профилактики микронутриентной недостаточности. *Техника и технология пищевых производств*. Т. 50. № 1. С. 124–139.
- Мишагин К.А. 2020. Определение динамической вязкости на ротационном вискозиметре Brookfield LVDV-II+ Pro. Методические указания к лабораторной работе. Казань. 32 с.
- Неповинных Н.В., Сергеев В.Н., Птичкина Н.М. 2016. Некоторые аспекты создания низкокалорийных сладких блюд с улучшенной пищевой ценностью. *Молочно-хозяйственный вестник*. № 1 (21). С. 86–97.
- Руководство по эксплуатации Brookfield DV2T. URL: <https://www.manualslib.com/manual/1308883/Brookfield-Dv2t.html?page=91#manual> (дата обращения: 20.05.2024).
- Санжаровская Н.С., Храпко О.П. 2017. Технология производства желевого мармелада на основе пектиновых экстрактов и фитонастоев. *Международный научно-исследовательский журнал*. № 10 (64). Часть 3. С. 95–98.
- Ткачева Н., Елисеева Т. 2021. Яблоки – польза и вред, доказанные диетологами. *Журнал здорового питания и диетологии*. *Journal.edaplus.info*. № 3 (17). С. 84–87.
- Трухачев В.И., Молочников В.В., Орлова Т.А., Храпцов А.Г. 2016. Основополагающие принципы высокоэффективного производства функциональных молочных продуктов. *Аграрный вестник Северного Кавказа*. № 3 (23). С. 52–56.
- Тутельян В.А., Никитюк Д.Б., Аксенов И.В. и др. 2021. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Методические рекомендации. Москва. 72 с.
- Шипунов Б.П., Коптев В.Е., Маркин В.И. 2018. Особенности реологии растворов агар-агара. *Химия растительного сырья*. № 1. С. 53–60.

## REFERENCES

- Abramova Yu.P., Ageeva Yu.P., Dolgorukova M.V., Matveeva A.A. 2017. The possibility of using sweeteners in the production of creamy desserts. *Aktual'nye voprosy sovershenstvovaniya tekhnologii*

- proizvodstva i pererabotki produkcii sel'skogo hozhaystva (Topical issues of improving the technology of production and processing of agricultural products)*. № 19. P. 159–161 (in Russian).
- Alekseenko E.V., Petrova A.A., Ruban N.V., Bakumenko O.E. 2021. Development of a recipe composition of a functional snack bar based on herbal ingredients. *Health, Food & Biotechnology*. P. 43–59 (in Russian).
- Artemova E.N., Levgerova N.S., Osina S.Yu. 2003. The use of stevia as a sweetener in the production of currant juice is therapeutic and prophylactic. Chemistry of natural compounds. *Proceedings of International scientific and technical conference "The problem of the XXI century. Direction (problem) "Commodity science, technology and biotechnology of food products"*. P. 47–50 (in Russian).
- Bekesheva A.A., Yakubova O.S. 2018. Qualimetric assessment of consumer properties and sensory indicators of the quality of sweet gelled functional dishes. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovacionnyh pishchevyh produktov (Technology and the Study of Merchandise of Innovative Food-stuffs)*. № 5 (52). P. 96–102 (in Russian).
- Bobchenko V.I. 2017. Technology development and commodity evaluation of ice cream using processed vegetable raw materials containing functional ingredients. *Candidacy dissertation of technical sciences*. 243 p. (in Russian).
- Velyamov M.T., Ospanov A.B., Popova N.V. et al. 2022. The study of zoned varieties of fruits and vegetables for the development of technologies for obtaining bioecological products with functional properties. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta (Bulletin of the South Ural State University)*. Vol. 10. № 1. P. 30–38 (in Russian).
- Voznenko M.A., Bondarenko I.I., Yatsenko B.O., Nemirich O.V. 2016. Technological aspects of making a whipped dish with Jerusalem artichoke powder. *Naukovij visnik L'viv'skogo nacional'nogo universitetu veterinarnoï medicini ta biotekhnologij imeni S.Z. Izhic'kogo (Scientific Bulletin of the Lviv National University of Veterinary Medicine and biotechnology named after S. Z. Gzhytsky)*. Vol. 18. № 2 (68). P. 32–36 (in Ukrainian).
- Gubanenko G.A., Mayurnikova L.A., Rubchevskaya L.P. 2015. Prospects of complex use of regional non-traditional vegetable raw materials in the production of food products. *Pishchevaya promyshlennost' (Food Industry)*. № 4. P. 23–27 (in Russian).
- Dozhdaleva M.I., Gonchar V.V., Kalashnova T.V. 2011. Development of technologies and recipes of diabetic sugary confectionery products using products of processing Jerusalem artichoke tubers. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya (News of Higher Educational Institutions. Food technology)*. № 2–3. P. 66–68 (in Russian).
- Dubs A.A., Chernova A.V. 2018. Justification of the design of an iodine-enriched food product from vegetable raw materials. *Vestnik molodezhnoj nauki (Bulletin of Youth Science)*. № 4 (6). 7 p. (in Russian).
- Eliseeva T., Tkacheva N. 2018. Apple (*Malus domestica*). *Zhurnal zdorovogo pitaniya i dietologii (Journal of Healthy Nutrition and Dietetics)*. *Journal.edaplus.info*. № 4 (6). P. 33–43 (in Russian).
- Kiryanova V.A., Ivanova V.V. 2019. The apple and its beneficial properties. *Proceedings of scientific and practical conference "Science and youth of Krasnoyarsk region – a step into the future"* P. 165–171 (in Russian).
- Levgerova N.S., Salina E.S., Makarkina M.A. 2021. Comparative analysis of the con-

- tent of catechins in the fruits of new apple varieties of VNIISPK selection and products of their processing. *Himiya rasti tel'nogo syr'ya (Chemistry of Vegetable raw Materials)*. № 2. P. 227–236 (in Russian).
- Magomedov G.O., Lobosova L.A., Magomedov M.G., Barsukova I.G. 2014. Souffle of reduced sugar content. *Vestnik Voronežskogo gosudarstvennogo universiteta inženernyh tehnologij (Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies)*. № 2. P. 108–111 (in Russian).
- Magomedov G.O., Lobosova L.A., Rozhkov S.A., Selina N.A. 2018. The choice of optimal parameters for the production of whipped products without egg white. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv (Technique and Technology of Food Production)*. Vol. 48. № 2. P. 82–88 (in Russian).
- Mayurnikova L.A., Koksharov A.A., Krapiwa T.V., Novoselov S.V. 2020. Fortification of food products as a factor in the prevention of micronutrient deficiency. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv (Technique and Technology of Food Production)*. Vol. 50. № 1. P. 124–139 (in Russian).
- Mishagin K.A. 2020. Determination of dynamic viscosity on the Brookfield LVDV-II+ Pro rotary viscometer. Guidelines for laboratory work. Kazan. 32 p. (in Russian).
- Nepovinnikh N.V., Sergeev V.N., Ptichkina N.M. 2016. Some aspects of creating low-calorie sweet dishes with improved nutritional value. *Molochno-hozyajstvennyj vestnik (Dairy and Economic Bulletin)*. № 1 (21). P. 86–97 (in Russian).
- User Manual Brookfield DV2T. URL: <https://www.manualslib.com/manual/1308883/Brookfield-Dv2t.html?page=91#manual>. Date of application 20.05.2024 (in Russian).
- Sanzharovskaya N.S., Khrapko O.P. 2017. Technology of jelly marmalade production based on pectin extracts and herbal infusions. *Mezhdunarodnyj nauchno-isledovatel'skij zhurnal (International Scientific Research Journal)*. № 10 (64) Part 3. P. 95–98 (in Russian).
- Tkacheva N., Eliseeva T. 2021. Apples – the benefits and harms proven by nutritionists. *Zhurnal zdorovogo pitaniya i dietologii (Journal of Healthy Nutrition and Dietetics)*. *Journal.edaplus.info*. № 3 (17). P. 84–87 (in Russian).
- Trukhachev V.I., Molochnikov V.V., Orlova T.A., Khrantsov A.G. 2016. The fundamental principles of highly efficient production of functional dairy products. *Agrarnyj vestnik Severnogo Kavkaza (Agrarian Bulletin of the North Caucasus)*. № 3 (23). P. 52–56 (in Russian).
- Tutelyan V.A., Nikityuk D.B., Aksenov I.V. et al. 2021. Norms of physiological energy and nutritional needs for various population groups of the Russian Federation: Methodological recommendations. Moscow. 72 p. (in Russian).
- Shipunov B.P., Koptev V.E., Markin V.I. 2018. Features of rheology of agar-agar solutions. *Himiya rastitel'nogo syr'ya (Chemistry of Vegetable Raw Materials)*. № 1. P. 53–60 (in Russian).

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Мухамбеткалиева Динара Сансызбаевна** – Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова; 410005, Россия, Саратов; магистр; [dinara.sitbatalova@mail.ru](mailto:dinara.sitbatalova@mail.ru).

**Mukhambetkalieva Dinara Sansyzbaevna** – Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov; 410005, Russia, Saratov; Master's Student; [dinara.sitbatalova@mail.ru](mailto:dinara.sitbatalova@mail.ru).

**Абушаева Асия Рафаильевна** – Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова; 410005, Россия, Саратов; ассистент кафедры «Технологии продуктов питания»; asiyatugush@mail.ru. SPIN-код: 9059-3028, Author ID: 1144557; Scopus ID: 57222149349.

**Abushaeva Asiya Rafailyevna** – Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov; 410005, Russia, Saratov; Assistant of the Food Technology Chair; asiyatugush@mail.ru. SPIN-code: 9059-3028, Author ID: 1144557; Scopus ID: 57222149349.

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

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

**Семилет Никита Александрович** – Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова; 410005, Россия, Саратов; кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологии продуктов питания»; semiletna@yandex.ru. SPIN-код: 9219-0421, Author ID: 1070660; Scopus ID: 57212193187.

**Semilet Nikita Alexandrovich** – Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov; 410005, Russia, Saratov; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Food Technology Chair; semiletna@yandex.ru. SPIN-code: 9219-0421, Author ID: 1070660; Scopus ID: 57212193187.

Статья поступила в редакцию 01.02.2024; одобрена после рецензирования 29.05.2024; статья принята к публикации: 10.09.2024.

The article was submitted 01.02.2024; approved after reviewing 29.05.2024; accepted for publication 10.09.2024.

Научная статья

УДК [598.243.5:639.2.081.11](265.51)

DOI: 10.17217/2079-0333-2024-69-39-56

**О ВЛИЯНИИ БЕРЕГОВОГО ЛОВА ЛОСОСЕЙ НА ПОПУЛЯЦИЮ  
КОРОТКОКЛЮОВОГО ПЫЖИКА *BRACHYRAMPHUS BREVIROSTRIS*  
РОССИЙСКОГО СЕКТОРА БЕРИНГОВА МОРЯ**

Артюхин Ю.Б.

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

В результате исследований, выполненных в 2010–2014 гг. на северо-востоке Камчатского края и на сопредельном побережье Чукотки, установлено, что береговой лов лососей не несет серьезных негативных последствий для популяции короткоклювого пыжика, населяющей этот регион. Причины тому: 1) основными орудиями лова лососей на Камчатке являются ставные и закидные невода, которые по своим конструктивным характеристикам и особенностям эксплуатации безопасны для морских птиц; 2) районы важных летних концентраций пыжиков на море и добычи лососей жаберными сетями, представляющими наибольшую угрозу для птиц, во время наших исследований почти не перекрывались; 3) на беринговоморском побережье Камчатского края после закрепления в 2009 г. рыбопромысловых участков на основе долгосрочной аренды использование сетных орудий лова существенно сократилось, а с 2019 г. их применение было запрещено на всех морских участках промышленного рыболовства. Спорадические случаи прилова пыжиков в сетях не исключены, но они не способны поколебать состояние популяции в рассматриваемом регионе.

**Ключевые слова:** береговой промысел лососей, Берингово море, короткоклювый пыжик, смертность морских птиц, прилов, *Brachyramphus brevirostris*.

Original article

**ON THE IMPACT OF COASTAL SALMON FISHERY ON THE KITTLITZ'S  
MURRELET *BRACHYRAMPHUS BREVIROSTRIS* POPULATION  
IN THE RUSSIAN BERING SEA**

Artukhin Yu.B.

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

As a result of studies carried out in 2010–2014 it was established that coastal salmon fishery does not have serious negative consequences for the Kittlitz's murrelet population inhabiting the north-east part of Kamchatka and the adjacent seacoast of Chukotka. The reasons for that are 1) the main salmon fishing gears in Kamchatka are trap and haul nets which, according to their design and operating characteristics, are safe for birds; 2) areas of summer murrelet concentrations and salmon catching by marine gill nets, which represent the greatest threat to birds, were poorly overlapped during our research; 3) on the Kamchatka Bering Sea coast the use of net gears was declined significantly after fishing plots were assigned to fishermen on the basis of a long-term lease in 2009, moreover, the use of gill nets has been prohibited at all marine plots for commercial fishery since 2019. Sporadic cases of Kittlitz's murrelet bycatch in nets are not excluded, but it is not critical for their population state in the region.

**Key words:** coastal salmon fishery, Bering Sea, Kittlitz's murrelet, seabird mortality, bycatch, *Brachyramphus brevirostris*.



## ВВЕДЕНИЕ

Береговой лов анадромных рыб – один из важнейших на Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне [Синяков, 2006]. Особенности прилова птиц (случайной гибели в орудиях лова) на этом виде промысла фактически не изучены. В литературе имеются только фрагментарные упоминания находок в основном нырковых уток, гагар, бакланов и чистиковых птиц в жаберных сетях, используемых для лова лососевых и других рыб в прибрежье, на лагунных озерах и в низовьях рек [Томкович, Сорокин, 1983; Коломийцев, 1986, 1988; Лабзюк, 1988; Кречмар и др., 1991; Surmach, Zaykin, 1994; Yelsukov, 1994; Лобков, 2006; Елсуков, 2013; Kondratyev et al., 2020]. При этом большую озабоченность представляют зарегистрированные случаи попадания в ставные сети редкого автохтонного вида Берингии – короткоклювого пыжика *Brachyramphus brevirostris* [Конюхов, Зубакин, 1988; Artukhin et al., 2011]. До 2014 г. в Красном списке Международного союза охраны природы (IUCN Red List of Threatened Species) его статус был максимально высоким – «Critically Endangered» (находящийся на грани полного исчезновения), но с появлением новых данных его понизили до «Near Threatened» (находящийся в состоянии, близком к угрожаемому) [BirdLife International, 2018]. Короткоклювый пыжик был занесен в первое издание Красной книги РФ, вышедшей в свет в 2001 г., но его не включили в обновленный вариант, утвержденный в 2020 г. Однако вид до сих пор остается во всех региональных Красных книгах субъектов Дальневосточного федерального округа, в границах которых он встречается.

В российской части ареала короткоклювый пыжик является одним из наименее изученных видов морских птиц. Среди

основных причин этого – низкая численность, локальное распространение в труднодоступных слабо обжитых человеком районах и скрытное спорадическое гнездование отдельными парами в приморских гольцовых ландшафтах. На территории России область гнездования короткоклювого пыжика представлена локальными очагами на побережьях Чукотского, Берингова и севера Охотского морей. При этом считается, что на Северо-Востоке Азии вид существует в естественных условиях природной среды, так как районы его обитания мало затронуты хозяйственной деятельностью [Artukhin et al., 2011]. Вместе с тем в сопредельной восточной части ареала на Аляске показано, что его благополучию наряду с естественными факторами угрожает случайная гибель птиц в сетях на прибрежных промыслах тихоокеанских лососей [USFWS, 2010; Blejwas, Wright, 2012; Day et al., 2020]. В связи с этим в 2010–2014 гг. мы организовали сбор информации о случаях попадания короткоклювого пыжика и других птиц в рыболовные снасти на некоторых участках побережья Берингова моря, где в летний период локализованы его скопления и в то же время проводится промысел лососевых рыб.

Основная цель исследования – экспертная оценка влияния берегового лова лососей на состояние популяции короткоклювого пыжика, населяющей берингово-морской регион Дальнего Востока России.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования начали в путину 2010 г. на северо-восточном побережье Камчатского края, где находится южная область гнездового ареала короткоклювого пыжика в Беринговом море. Сведения о прилове птиц на береговом промысле в Карагинском заливе собрали сотрудники КамчатНИРО

(ныне Камчатский филиал ВНИРО), работавшие по научно-исследовательским программам изучения лососей на 13 рыбопромысловых участках, расположенных от р. Ивашки до бух. Тымлат (рис. 1). В Олюторском районе в устьевой части р. Навыринваям и на лагунах Анана и Северной наблюдения выполнил сотрудник КамчатГТУ Е.Г. Лобков, который проводил там орнитологические исследования на базе рыбодобывающего предприятия. Наблюдатели периодически контролировали промысловые операции с целью описания особенностей эксплуатации различных орудий лова и регистрации случаев попадания в них птиц. Кроме того, они собирали опросную информацию о гибели птиц в рыболовных снастях. Главное внимание при этом уде-

ляли не только короткоклювому пыжику, но и еще одному близкородственному «краснокнижному» виду – длинноклювому пыжику *Brachyramphus perdix*, гнездовой ареал которого расположен к югу от бух. Оссора в проливе Литке, но область кочевок простирается на север до Чукотки [Артюхин, 2018; Сыроечковский и др., 2019]. При проведении опросов использовали подготовленный нами цветной постер по видовой идентификации этих двух пыжиков. Респондентами были в основном рыбаки, а также члены экипажей задействованных на промысле плавсредств и местные жители. Всего опрошено 83 человека, большинство из которых работали по несколько лет на лососевой путине в этом районе.

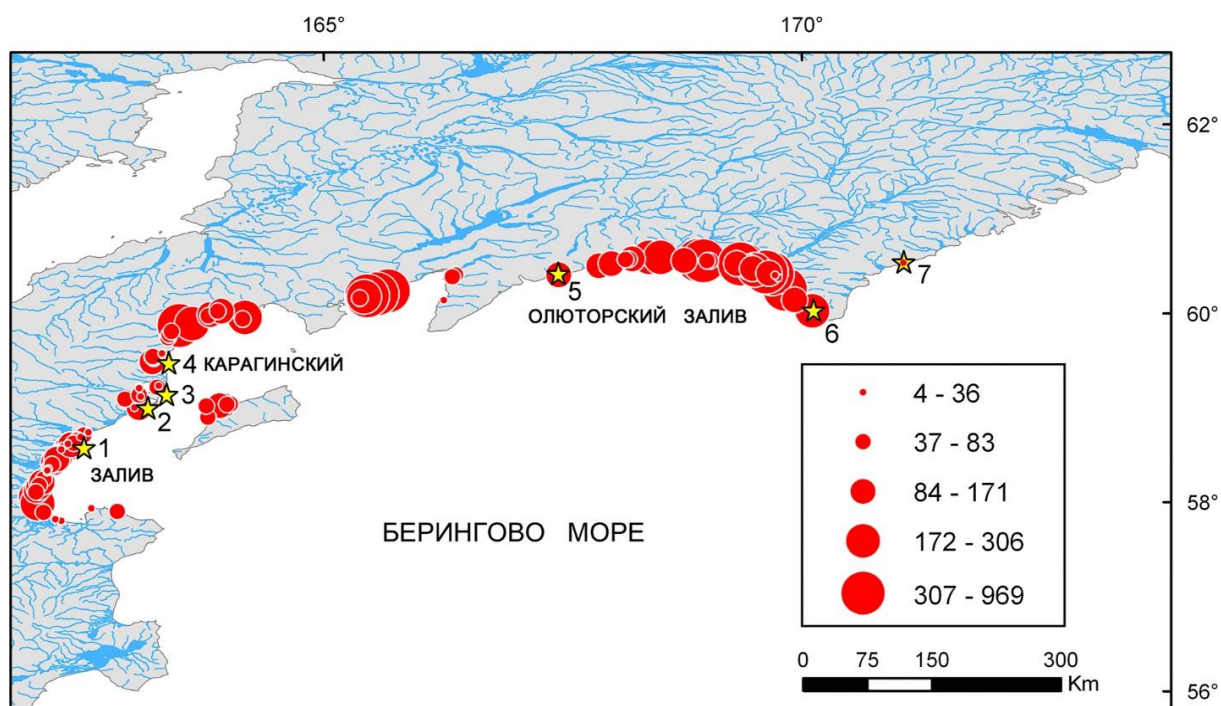


Рис. 1. Уловы тихоокеанских лососей (тонны) на рыбопромысловых участках, задействованных в путину 2010 г. на берингоморском побережье Камчатского края. Звездочками отмечены основные пункты наблюдений за приловом птиц: 1 – р. Ивашка – р. Дранка, 2 – бух. Карага, 3 – бух. Оссора, 4 – бух. Тымлат, 5 – р. Навыринваям, 6 – лаг. Анана, 7 – лаг. Северная

Fig. 1. Catches of Pacific salmon (tons) at fishing plots on the Bering Sea coast of Kamchatskiy Krai in 2010. The main observation points for bird bycatch are marked by asterisks: 1 – Ivashka River – Dranka River, 2 – Karaga Bay, 3 – Ossora Bay, 4 – Tymlat Bay, 5 – Navyrinvayam River, 6 – Anana Lagoon, 7 – Severnaya Lagoon

В 2013 и 2014 гг. область исследования расширили по северо-восточному побережью Корякского нагорья до Мейныпильгынской озерно-речной системы (ОРС). Здесь нерестится самое крупное в Чукотском автономном округе стадо нерки *Oncorhynchus nerka* [Бугаев, Кириченко, 2008], а прилегающая морская акватория является одним из важнейших в Азии районов обитания короткоклювого пыжика

[Artukhin et al., 2011]. Работы выполнялись на участке промышленного лова в устьевой части проток Майна и Пыльга у с. Мейныпильгино в период со второй половины июня по первую декаду августа (рис. 2). Наблюдения проводила сотрудник ЧукотНИРО (ныне ЧукотНИО Тихоокеанского филиала ВНИРО) Е.В. Голубь, которая ежедневно учитывала уловы лососевых рыб и вес прилов птиц.



Рис. 2. Район наблюдений за приловом птиц на промышленном промысле лососей в Мейныпильгынской озерно-речной системе в 2013 и 2014 гг. Прямоугольниками отмечены ставные невода, линиями – ставные сети

Fig. 2. Area for bird bycatch study in the commercial salmon fishery in the Meinyopilgyn lake-river system in 2013 and 2014. Trap nets are marked by rectangles, fixed gill nets – by lines

Особенности организации промысла лососей в юго-западной части Берингова моря и в Мейныпильгынской ОРС представлены по описаниям наблюдателей и литературным источникам, статистика промышленного лова в годы исследований – по данным отраслевой системы мониторинга Росрыболовства.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### *Краткое описание промысла*

Западная часть Берингова моря – одна из основных акваторий Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, где нагуливаются тихоокеанские лососи. В берингоморских водах Камчатского края доминирующим объектом лова, на который ориентирован весь рыбодобывающий комплекс, является горбуша *Oncorhynchus gorbuscha*. С начала 1970-х гг. доля этого вида в уловах составляла в среднем 70%. Запасы лососей в более северных районах на Чукотке, где традиционно вылавливается в основном кета *Oncorhynchus keta*, в целом играют незначительную роль в воспроизводстве в водоемах российского сектора Берингова моря [Артюхин и др., 2010].

В 2009 г. в Камчатском крае утвержден перечень рыбопромысловых участков, эксплуатация которых производится закрепленными пользователями на основе долгосрочной 20-летней аренды. На юго-западном побережье Берингова моря от Камчатского залива до северо-восточной границы края для осуществления промышленного рыболовства было выделено 243 морских участка, длина которых вдоль береговой линии в большинстве случаев составляет 300 м, а ширина вглубь моря – до 2 000 м. На этих участках допускается использование всех орудий лова, разрешенных правилами рыболовства. Кроме того,

26 участков предназначались для ведения традиционного природопользования коренным малочисленным населением Севера, Сибири и Дальнего Востока (КМНС), длина которых по берегу варьирует от 300 м до 10 км, ширина акватории составляет неизменные 100 м, а набор разрешенных на них орудий лова ограничен закидными неводами, ставными и плавными сетями.

В 2010 г. на северо-восточном побережье Камчатского края ожидалось слабые подходы горбуши, в связи с чем рыбаки задействовали для лова лишь 40% участков, которые по опыту предыдущих лет обеспечивали наиболее эффективную работу. На 84 из 99 участков осуществлялся промышленный лов, на остальных 15 – традиционный промысел КМНС. Основные промысловые усилия и уловы лососей оказались сосредоточенными на западном побережье Карагинского залива, на западной стороне зал. Корфа и в восточной части Олюторского залива (рис. 1). В период наших исследований на северо-востоке Камчатки, как и в целом на всей территории края [Нагорнов и др., 2016], промышленный лов осуществлялся преимущественно ставными неводами, которые располагались вблизи устьев крупных рек с целью вылова массовых видов лососей (прежде всего, горбуши). На лагунах и лиманах использовали также закидные невода, ориентируясь главным образом на добычу наиболее ценного вида – нерки. Сети применяли на 13 участках промышленного лова в качестве средства, дополнительного к ставным и закидным неводам, а также на 14 участках КМНС в основном на западном побережье Карагинского залива. Как правило, лов сетями вели там, где имеются защищенные от морского прибоя бухты, лагуны и лиманы.

Мейныпильгынская ОРС, расположенная в северо-восточной части Олюторско-

Наваринского района, состоит из озер Ваамочка и Пекульнейского с впадающими в них реками и ручьями. Промышленный лов нерки здесь ведут на протоках, соединяющих озера с морем в районе с. Мейныпильгыно, морской береговой промысел лососей здесь не практикуют. В 2013 г. в Мейныпильгынской ОРС промысловая обстановка была типичной для последних лет. Как обычно, для промышленного лова применяли два ставных невода, которые в сумме проработали 79 дней. Кроме того, в зависимости от подходов рыбы и перерабатывающей мощности завода в сутки использовали до 14 сетей (в среднем 7,9) длиной 30–35 м и шагом ячеи 60, 65 и 70 мм. Общий объем промысловых усилий за всю путину составил 410 сете-суток. В 2014 г. ход нерки был более интенсивным. Уловы тремя неводами, которые в сумме отработали 113 дней, были выше, поэтому количество используемых за сутки сетей не превышало 7 (в среднем 6,4), а общий объем промысловых усилий за сезон составил 309 сете-суток (рис. 2).

### Орудия лова

В Камчатском крае на промышленном промысле тихоокеанских лососей основной объем вылова обеспечивают ставные невода [Нагорнов и др., 2016]. Ставной невод представляет собой сетное сооружение, которое устанавливают стационарно на период путины в прибрежной зоне моря на пути миграций рыб. Упираясь в сетную стену – крыло – и пытаясь обойти ее, лососи заплывают в ловушку, откуда их доставляют рыбаки. Сетное полотно ставного невода изготовлено из довольно грубого материала, которое не позволяет рыбе объесться, поэтому вероятность запутывания птиц в этих рыболовных снастях минимальна.

Мы обнаружили только один достоверный случай гибели птицы в ставном неводе – белоклювой гагары *Gavia adamsii* [Лобков, 2006; Е.Г. Лобков, личн. сообщ.]. Птицы более мелкого размера, которых иногда находят в ловушке, очевидно, попадают туда в безжизненном либо ослабленном состоянии, дрейфуя с волнами по поверхности воды.

На реках и озерах, т. е. на речных рыбопромысловых участках, основным орудием лова лососей является закидной невод, принцип действия которого основан на охвате скоплений рыбы по всей толще воды, с последующим притонением к берегу и извлечением улова. На морском побережье он уступает место более эффективному ставному неводу, поэтому при промышленном лове используется как дополнительное средство. Наряду с этим закидной невод имеет большое значение там, где промысел лососей ведут небольшие артели и родовые общины. Сетное полотно для закидного невода делают из толстых грубых ниток с мелкой ячеей, и в процессе лова при его нахождении в воде рядом постоянно присутствуют люди, что исключает прилов птиц. Нам неизвестно ни одного случая гибели птиц в закидном неводе, и это позволяет считать данную снасть безопасной с точки зрения воздействия на птиц.

Среди орудий рыболовства наибольшую угрозу для птиц несут жаберные сети [Артюхин и др., 2010; Žydelis et al., 2013], которые относятся к объедающим орудиям лова, так как рыба при попытке пройти сквозь ячею тонкой дели застревает в ней. На берингоморском побережье сетной лов лососей широко распространен на реках и озерах. В 2010 г. сети применяли также на морском побережье почти на всех участках КМНС и на некоторых участках промышленного лова в качестве дополнительного средства к неводам. Судя по информации из литературных источников,

перечисленных в вводной части статьи, на промыслах лососей и других рыб на территории Дальнего Востока сети являются единственным орудием лова, представляющим реальную опасность для морских птиц.

На западном побережье Камчатки с 2014 г. рыбаки начали активно внедрять в практику совместное использование ставных неводов и жаберных сетей. Применение сетей стало массовым, что обусловлено низкой себестоимостью в сравнении с неводным ловом и возможностью эффективно облавливать наиболее выгодные в ценовом отношении виды лососей [Нагорнов и др., 2018]. Чтобы избежать чрезмерной нагрузки на отдельные объекты промысла и обеспечить рациональное использование водных биоресурсов, в правила рыболовства внесли изменения, ограничивающие применение сетей на морских участках промышленного и прибрежного рыболовства [Приказ..., 2019]. В частности, был введен запрет на добычу лососей ставными сетями на рыбопромысловых участках Западно-Берингоморской зоны, Карагинской, Петропавловско-Командорской (за исключением акватории Кроноцкого и Авачинского заливов и Авачинской губы) и Камчатско-Курильской подзон, а на остальных участках западного побережья Камчатки запрещалось использование сетей одновременно с другими орудиями лова. В новой редакции правил [Приказ..., 2022] запрет на применение сетей распространили на всю акваторию Петропавловско-Командорской подзоны и расширили на Западно-Камчатскую подзону к югу от параллели 56° с. ш.

#### ***Распределение короткоклювого пыжика в регионе исследований***

Судя по обобщенным результатам лодочных и судовых трансектных учетов,

выполненных на всем берингоморском побережье Камчатского края в течение восьми летних сезонов в период с 1973 по 2012 г. [Вяткин, 1999; Artukhin et al., 2011; Артюхин, Вяткин, 2014; неопубл. данные], короткоклювый пыжик распространен от Камчатского залива до бух. Дежнева, за исключением равнинных приморских участков в крупных заливах (рис. 3). В 1994–1995 гг. плотность его распределения в 3-километровой прибрежной акватории составляла в среднем 0,8 особи/км<sup>2</sup> [Вяткин, 1999].

Самый южный крупный очаг обитания короткоклювого пыжика находится на Камчатском полуострове на границе Берингова моря и Тихого океана, где в 1994 и 1995 гг. на трансектах вдоль побережья было учтено 23 и 17 особей соответственно. Это – южная граница основного ареала вида в Азии.

Севернее, в проливе Литке, пыжики более обычны. Птицы, наблюдаемые в этом районе, могут гнездиться как на камчатском побережье, так и на соседнем о. Карагинском, хотя характер пребывания этого вида на острове пока не выяснен. Так, во время учета, проведенного 16 июня 1968 г. с борта катера, двигавшегося в 5–7 км от берега о. Карагинского, на маршруте длиной 60 км Н.Н. Герасимов [2016] насчитал 25 короткоклювых пыжиков группами по 2–4 особи.

На севере Карагинского залива пыжики малочисленны. В этом районе произошла единственная на Камчатке находка гнезда короткоклювого пыжика, которое было обнаружено 26 июня 1990 г. в приморской части Кичигинского залива в 5 км от моря [Сметанин, 1992].

Вдоль Корякского нагорья пыжики многочисленны в прибрежной полосе западной половины Олюторского залива, где к морю спускаются отроги Пилгынского

горного хребта. В 1990 и 1994 гг. на вдоль-береговых лодочных трансектах здесь было учтено с лодки 71 и 77 особей соответственно. В этом районе мы наблюдали пыжиков также в 2004 и 2005 гг. на учетных судовых трансектах, проложенных в 3–10 км от суши. Целенаправленные исследования 2012 г. подтвердили, что западная часть Олюторского залива представляет собой один из важнейших очагов гнездования вида на Северо-Востоке Азии. На мониторинговом полигоне, расположенном в 3-километровой прибрежной полосе от бух. Каукт до м. Грозного, плотность распределения пыжиков в учетах варьировала от 2,0 до 10,6 особей/км<sup>2</sup>, составляя в среднем 4,8 особи/км<sup>2</sup> [Артюхин, Вяткин, 2014].

На северо-восточном побережье Камчатского края наиболее массовые концентрации пыжиков наблюдали в бухтах

Большой Тигиль и Северная Мочевна. В 1984 г. в период с 26 июня по 1 июля в этих бухтах при осмотре всей акватории насчитывалось соответственно до 100 и 150 птиц, державшихся одиночно и стайками до восьми особей. При проведении трансектных учетов в 1990 г. картина была примерно такой же, но в 1994 г. пыжиков здесь оказалось в 2–3 раза меньше.

В самой северной части региона наших исследований крупные скопления пыжиков обнаружены у северо-восточного побережья Корякского нагорья, где к морю выходят хребты Мейныпильгынского горного узла. В конце июля 2004 г. между р. Хатырка и м. Наварин мы насчитали 115 пыжиков (в основном поодиночке и парами) на судовых трансектах, проложенных зигзагами в полосе 3–20 км от берега, со средней плотностью распределения 1,6 особи/км<sup>2</sup> (рис. 4).

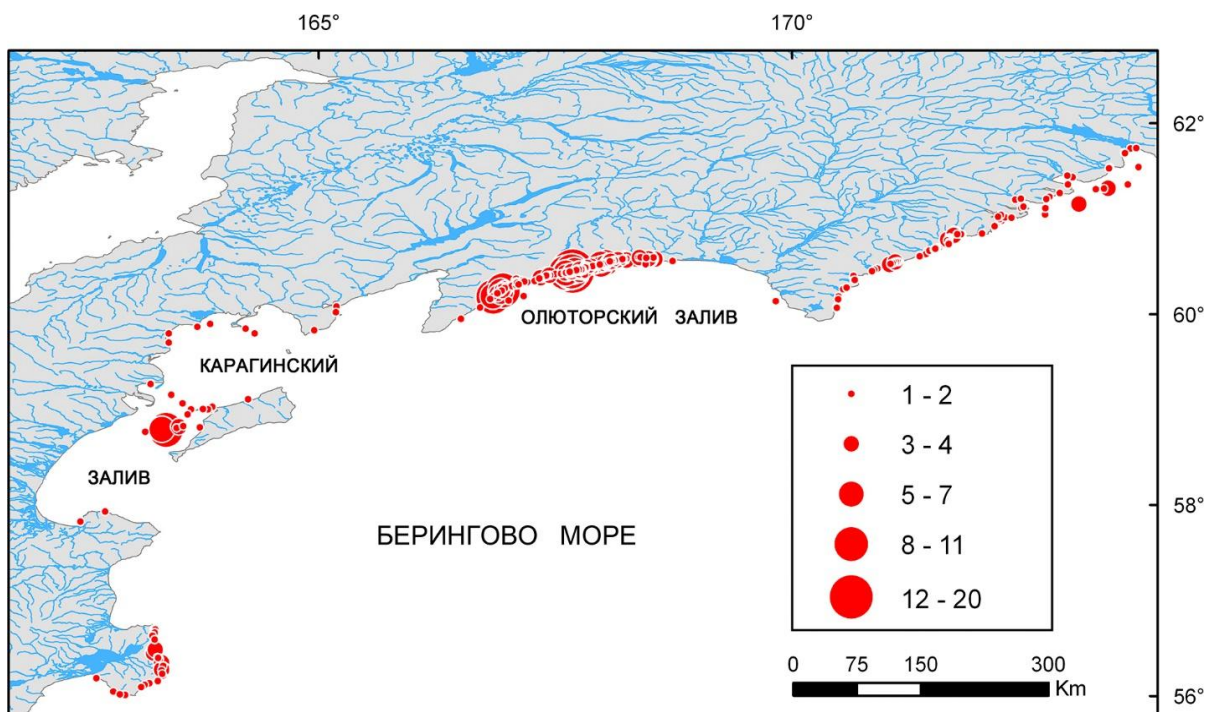


Рис. 3. Распределение короткоклювого пыжика (особи) на берингоморском побережье Камчатского края по объединенным данным лодочных и судовых трансектных учетов в 1973–2012 гг.

Fig. 3. Distribution of the Kittlitz’s murrelet (individuals) on the Bering Sea coast of Kamchatskiy Krai according to combined data from boat and vessel transect surveys in 1973–2012

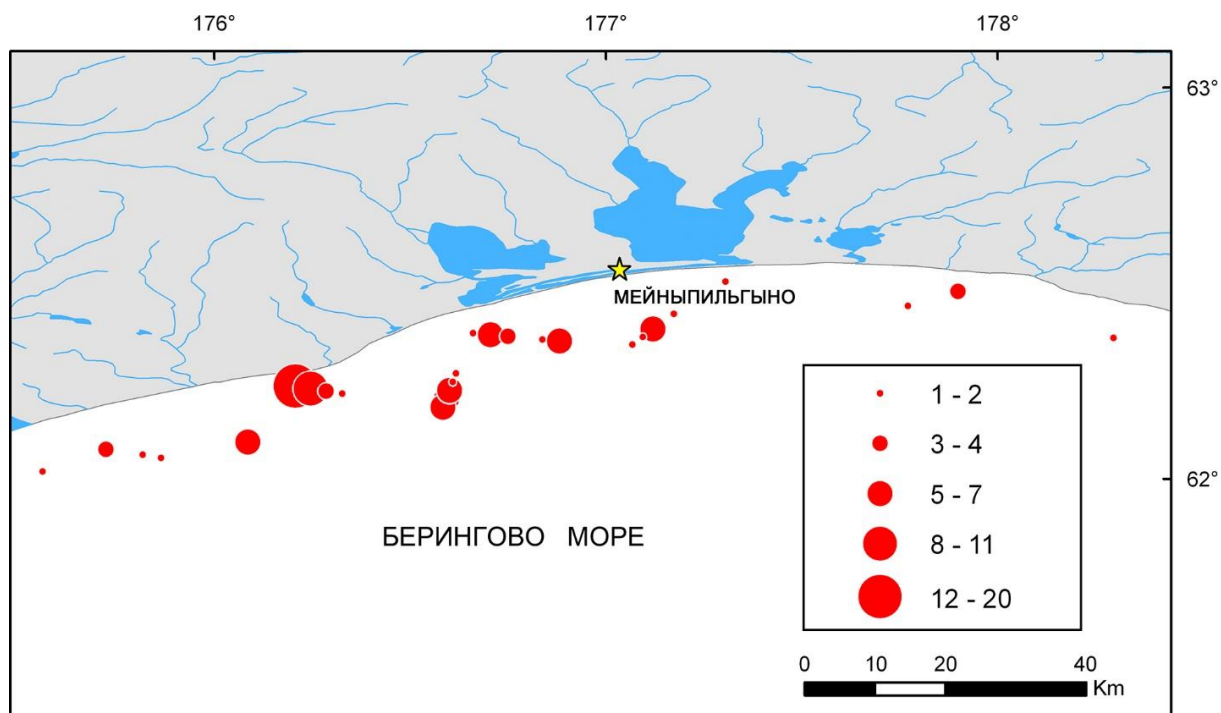


Рис. 4. Распределение короткоклювого пыжика (особи) в районе Мейныпильгынской озерно-речной системы по данным судовых трансектных учетов в 2004 г. Звездочкой показано место проведения наблюдений за приловом птиц на промысле лососей

Fig. 4. Distribution of the Kittlitz's murrelet (individuals) in the area of the Meinypilgyn lake-river system according to vessel transect records in 2004. The point for bird bycatch study in salmon fishery is shown by asterisk

В 2012 г. во время проведения лодочных трансектных учетов в Олюторском заливе мы наблюдали пыжиков на расстоянии от 122 до 3 544 м, в среднем 1 177 м (SE = 43,7) от береговой линии, причем 90,4% птиц встретили в диапазоне 100–2 000 м (рис. 5), а за весь сезон работ ни разу не видели их в границах 100-метровой прибрежной зоны.

#### ***Прилов короткоклювого пыжика и других видов птиц***

Сравнение особенностей распределения короткоклювого пыжика вдоль берингоморского побережья Камчатского края и расположения промысловых участков, на которых в 2010 г. добывали лососей (рис. 1 и 3), показало, что основные районы локализации пыжиков мало перекрывались с местами активного промышленного лова. Фактически они накладывались друг на

друга только на небольшом отрезке в центральной части Олюторского залива, где, по отчетным донесениям рыбодобывающих компаний, использовались ставные и закидные невода вместе с сетями на шести участках, расположенных между лаг. Средней и м. Грозным. В июле 2010 г. Е.Г. Лобков [2014] проводил наблюдения в этом районе близ устья р. Навыринваям, но пыжиков в прибрежной зоне моря ни разу не видел и не собрал никаких фактов, указывающих на гибель птиц в орудиях лова лососей (как и в других пунктах олюторского побережья). Ранее, в 1990 и 1994 гг., П.С. Вяткин на вдольбереговых лодочных трансектах наблюдал здесь стабильно высокие концентрации короткоклювых пыжиков, которые держались в 0,5–3 км от суши [Artukhin et al., 2011], т. е. мористее зоны постановки сетей с берега. Похожим было распределение птиц и в 2012 г.



(рис. 5), причем во время лодочных обследований побережья от бух. Глубокой до с. Пахачи мы нигде не видели на море выставленных сетей, рыбаки вели лов лососей ставными неводами.

На тех участках побережья, где в 2010 г. наблюдатели проводили сбор информации о случаях попадания птиц в орудия лова, короткоклювые пыжики не встречались в закрытых бухтах, лагунах и лиманах, где обычно практикуют сетной лов. В результате в этом сезоне не было ни одной регистрации птиц в прилове. Однако, судя по литературным [Белопольский, Рогова, 1947; Artukhin et al., 2011], опросным и нашим неопубликованным данным, отдельные пыжики изредка посещают такие местообитания, вследствие чего могут попадаться в сети. В частности, жители с. Ивашка в проливе Литке сообщили, что в прошлые годы каких-то птиц, похожих на пыжиков, иногда находили в сетях, установленных в лиманах близ этого села. Конкретной информации о частоте прилова получить

не удалось, но было ясно, что речь шла лишь о редких единичных случаях. После введения долгосрочной аренды участков применение сетей на промышленном промысле лососей в этом районе сильно ограничили, сделав упор на морские ставные невода, и находок погибших в сетях птиц не стало.

Из 14 участков КМНС, на которых в 2010 г. вели традиционный лов лососей сетями, 10 находились в закрытых бухтах и лиманах камчатского побережья в проливе Литке, два – в зал. Уала и два – в гав. Скобелева в вершинной части зал. Корфа. Эти прибрежные местообитания редко посещаются пыжиками. К тому же внешнюю границу участков КМНС, которая проходит в 100 м от береговой линии, птицы фактически не пересекают (рис. 5), хотя на Чукотке были находки короткоклювых пыжиков в сетях жителей поселков Эгвекинот и Янракинот [Конюхов, Зубакин, 1988; Artukhin et al., 2011].

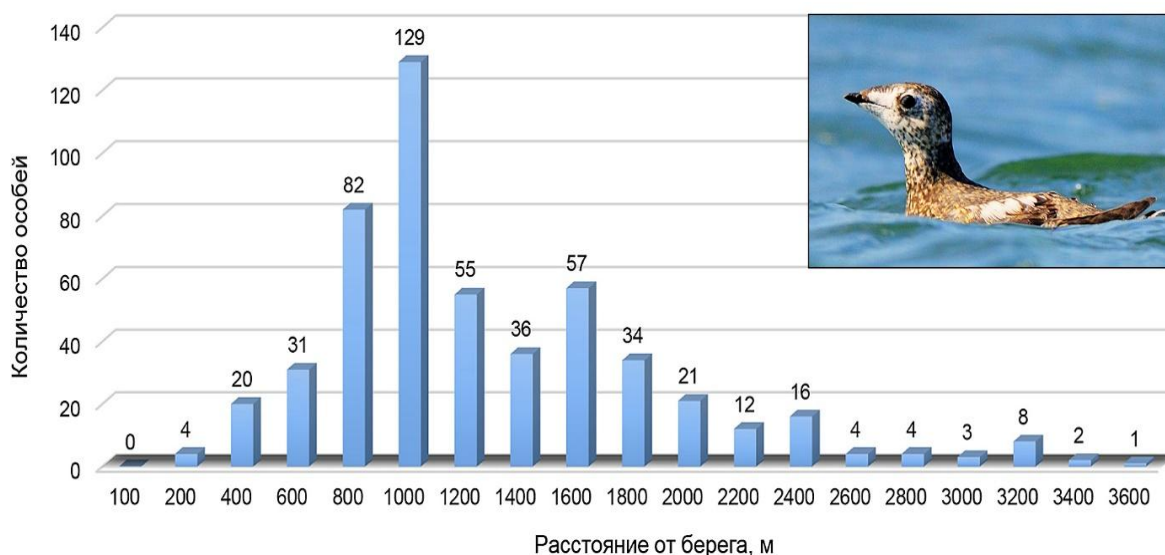


Рис. 5. Распределение короткоклювых пыжиков по дистанции от береговой линии, Олюторский залив, 18 июня – 23 июля 2012 г. (n = 519 особей)

Fig. 5. Distribution of Kittlitz’s murrelets by distance from the coastline, Olyutorsky Gulf, June 18 – July 23, 2012 (n = 519 individuals)

По собранным в 2010 г. материалам, мы считаем, что при береговом промысле лососей на северо-восточном побережье Камчатского края гибель короткоклювых пыжиков в рыболовных снастях если и случается, то имеет редкий эпизодический характер. Основными орудиями лова в этом районе являются морские ставные невода, и в силу своих конструктивных и эксплуатационных особенностей вероятность гибели птиц в них чрезвычайно мала. Некоторую опасность представляют жаберные сети, в которые, по опросным данным, отдельные птицы иногда могут попадать. Однако участки сетного лова лососей мало перекрываются с местами летних концентраций пыжиков в прибрежной зоне моря, что существенно снижает вероятность их прилова. Кроме того, применение сетей при промышленном рыболовстве сократилось, так как стали чаще использовать более эффективный неводной лов. Следовательно, действующая на 2010 г. система берегового промысла лососевых рыб на северо-востоке Камчатского края исключала возможность негативного влияния на состояние группировки короткоклювого пыжика, населяющей район наших исследований.

На рыболовном участке Мейныпильгинской ОРС в 2013 г. за все время промышленного промысла лососей в прилове

обнаружили 11 погибших птиц трех видов (таблица), которые запутались в ставных сетях на мористой стороне устьев двух проток (рис. 2). Попаданий птиц в расположенные здесь же невода не было ни разу.

Все утки погибли в период с 21 по 24 июня в одной и той же жилковой сети, длиной 30 м и шагом ячеи 70 мм, установленной в протоке Майна между островками. Гага *Somateria mollissima* и морянка *Clangula hyemalis* – одни из самых обычных водоплавающих птиц в Мейныпильгинской ОРС [Голубь Е., Голубь А., 2001]. В пункте постановки сетей в протоке Майна эти виды ежегодно селятся на косе и обоих островках в количестве десятков пар гаг и нескольких пар морянок, а между островками и выше по течению находятся места их скопления и спаривания, где Е.В. Голубь (личн. сообщ.) наблюдала одновременно до 17 гаг и 8 морянок.

Двух погибших моевок *Rissa tridactyla* обнаружили 28 июня в нитяной сети, длиной 35 м и шагом ячеи 65 мм, установленной в выходном култуке протоки Пыльга. Не исключено, что они попали в сеть либо уже мертвыми, либо ослабленными, так как в этом сезоне по неустановленным причинам в Мейныпильгинской ОРС часто наблюдали малоподвижных моевок с неухоженным оперением и трупы птиц.

Прилов морских птиц в ставные сети на промышленном промысле лососей в Мейныпильгинской озерно-речной системе в период с 16 июня по 6 августа 2013 г. ( $n = 410$  сете-суток)

Bycatch of marine birds in fixed gill nets in the commercial salmon fishery in the Meinypilgyn lake-river system during June 16 – August 6, 2013 ( $n = 410$  net days)

Вид	Всего (особи)	Частота попадания (особей/сете-сутки)		
		Lim	Mean	SE
Гага <i>Somateria mollissima</i>	4	0–0,750	0,022	0,017
Морянка <i>Clangula hyemalis</i>	5	0–0,750	0,028	0,020
Моевка <i>Rissa tridactyla</i>	2	0–0,333	0,008	0,007
Все виды	11	0–0,750	0,058	0,029

В следующую путину 2014 г. гаги и морянки по-прежнему гнездились на морской косе и островках, но в орудиях лова лососей их не было. В точно такой же сети, установленной между островками (рис. 2), 13 июля обнаружили лишь одну живую толстоклювую кайру *Uria lomvia*. В 60 км в направлении м. Наварин начинаются массовые колонии кайр [Сыроечковский, Якушев, 2016], поэтому они ежегодно появляются в протоках Майна и Пыльга, но только в единичном числе.

В Мейньпильгыно ловом лососей занимаются также местные жители, используя ставные сети длиной 10–15 м на участках, выделенных для КМНС. Учет промысловых усилий и вылова рыбы местным населением не ведется, но во время выборочных проверок в этих сетях птиц не находили.

Результаты наблюдений 2013 и 2014 гг. показали, что береговой лов лососей в Мейньпильгынской ОРС, как и на сопредельном северо-восточном побережье Камчатского края, не оказывает неблагоприятного воздействия на состояние местной группировки короткоклювого пыжика. Причина в том, что кормовые концентрации пыжиков формируются в прибрежной зоне моря, а участки сетного лова находятся в устьях протоков. Пресноводные водоемы Мейньпильгынской ОРС не служат пыжикам кормовыми биотопами, в связи с чем птицы их не посещают, и потому вероятность попадания в сети на рыбопромысловых участках в этом районе для них чрезвычайно мала.

Несмотря на то, что в 60 км к востоку от Мейньпильгыно начинаются одни из крупнейших в Северной Пацифике беринговско-наваринские птичьи базары [Артюхин, 2010; Сыроечковский, Якушев, 2016], находки в ставных сетях гнездящихся там массовых видов имели разовый случайный характер, что объясняется низкой привлека-

тельностью озер, протоков и лиманов для этих сугубо морских птиц. Вместе с тем зафиксированные в 2013 г. случаи прилова гаг и морянок в протоке Майна, возможно, имели негативные последствия для находящихся здесь малочисленных локальных гнездовых этих уток вследствие элиминации значительной доли птиц в их поселениях.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований полагаем, что на северо-востоке Камчатского края и сопредельном побережье Чукотского автономного округа береговой промысел тихоокеанских лососей не оказывает значимого негативного влияния на популяцию короткоклювого пыжика, населяющую этот регион, по следующим причинам: 1) основными орудиями лова лососей на Камчатке являются ставные и закидные невода, которые по своим конструктивным характеристикам и особенностям эксплуатации безопасны для морских птиц; 2) районы летних концентраций пыжиков на море и добычи лососей сетными орудиями лова, представляющими наибольшую угрозу для птиц, во время наших исследований мало перекрывались; 3) на беринговском побережье Камчатского края после закрепления в 2009 г. рыбопромысловых участков на основе долгосрочной аренды использование сетных орудий лова существенно сократилось, а с 2019 г. их применение запрещено на всех морских участках промышленного рыболовства. В настоящее время единичные случаи гибели в сетях браконьеров и на участках, выделенных для КМНС, не исключены, но в силу редкости и спорадичности распределения они не способны поколебать состояние региональной популяции этого вида. Вместе с тем остается открытым вопрос о влиянии берегового

сетного лова на Чукотке, где отмечены случаи попадания короткоклювых пыжиков в сети, выставяемые местными жителями. В связи с этим целесообразно продолжить исследования по данной теме, расширив область наблюдений на север до Чукотского полуострова.

### 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» (№ гос. регистрации 124012700496-4).

### БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность Е.В. Голубь (ЧукотНИО ТИНРО), А.М. Бирюкову, С.А. Куприянову и Д.С. Курносову (КамчатНИРО), Е.Г. Лобкову (КамчатГТУ), собиравшим во время своих полевых работ информацию о случаях попадания птиц в орудия лова. Исследования были поддержаны грантами Всемирного фонда природы и BirdLife Asia.

### ЛИТЕРАТУРА

- Артюхин Ю.Б. 2010. Состав и распределение гнездящихся морских птиц. В кн. Современное состояние экосистемы западной части Берингова моря. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного научного центра РАН. С. 256–290.
- Артюхин Ю.Б. 2018. Длинноклювый пыжик. В кн. Красная книга Камчатского края. Том 1. Животные. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 130.
- Артюхин Ю.Б., Балыкин П.А., Бонк А.А., Карпенко В.И. 2010. Рыболовство и его экологические последствия. В кн. Современное состояние экосистемы западной части Берингова моря. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного научного центра РАН. С. 301–337.
- Артюхин Ю.Б., Бурканов В.Н., Никулин В.С. 2010. Прилов морских птиц и млекопитающих на дрейфтерном промысле лососей в северо-западной части Тихого океана. Москва: Скорость цвета. 264 с.
- Артюхин Ю.Б., Вяткин П.С. 2014. Видовой состав и динамика летнего населения морских птиц прибрежных вод Олюторского залива (юго-западная часть Берингова моря). Тезисы докладов XV международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. С. 179–182.
- Белопольский Л.О., Рогова Е.Н. 1947. К орнитофауне северо-восточной части полуострова Камчатки. *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Новая серия. Отдел биологический*. Т. 52. № 2. С. 39–50.
- Бугаев В.Ф., Кириченко В.Е. 2008. Нагульно-нерестовые озера азиатской нерки (включая некоторые другие водоемы ареала). Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 280 с.
- Вяткин П.С. 1999. Распространение и численность короткоклювого пыжика *Brachyramphus brevirostris* на восточном побережье Камчатки. *Биология и охрана птиц Камчатки*. Вып. 1. Москва: Диалог-МГУ. С. 119–120.
- Герасимов Н.Н. 2016. Птицы Карагинского острова. Москва: Изд-во Центра охраны дикой природы. 132 с.
- Голубь Е.В., Голубь А.П. 2001. Материалы по фауне гусеобразных Мейньпильгинской озерно-речной системы и бас-

- сейна оз. Кайпыльгин. *Казарка*. № 7. С. 402–411.
- Елсуков С.В. 2013. Птицы Северо-Восточного Приморья: Неворобьиные. Владивосток: Дальнаука. 536 с.
- Коломийцев Н.П. 1986. Факторы, лимитирующие численность чешуйчатого крохалея, и рекомендации по охране этого вида. *Тезисы докладов 1-го съезда Всесоюзного орнитологического общества и IX Всесоюзной орнитологической конференции «Изучение птиц СССР, их охрана и рациональное использование»*. Ч. 1. Ленинград: АН СССР. С. 306–307.
- Коломийцев Н.П. 1988. Результаты изучения экологии мандаринки – *Aix galericulata* (L.) в Лазовском заповеднике (Южное Приморье). В кн. Редкие птицы Дальнего Востока и их охрана. Владивосток: ДВО АН СССР. С. 5–22.
- Конюхов Н.Б., Зубакин В.А. 1988. К орнитофауне Восточной Чукотки. *Орнитология*. Вып. 23. Москва: Изд-во Московского университета. С. 213–215.
- Кречмар А.В., Андреев А.В., Кондратьев А.Я. 1991. Птицы северных равнин. Ленинград: Наука. 288 с.
- Лабзюк В.И. 1988. Чешуйчатый крохаль *Mergus squamatus* Gould в бассейне реки Аввакумовка (Приморье). В кн. Редкие птицы Дальнего Востока и их охрана. Владивосток: ДВО АН СССР. С. 43–45.
- Лобков Е.Г. 2006. Белоклювая гагара. В кн. Красная книга Камчатки. Том 1. Животные. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. С. 92–94.
- Лобков Е.Г. 2014. Летняя авифауна лагуны Северной (побережье Олюторского хребта) и ее окрестностей. *Биология и охрана птиц Камчатки*. Вып. 10. Москва: Изд-во Центра охраны дикой природы. С. 66–77.
- Нагорнов А.А., Коваленко М.Н., Адамов А.А. 2016. Современное состояние ставного неводного лова тихоокеанских лососей на Камчатке. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. 40. С. 32–41. DOI: 10.15853/2072-8212.2016.40.32-41
- Нагорнов А.А., Коваленко М.Н., Адамов А.А., Сошин А.В. 2018. Результаты использования различных орудий лова на промысле тихоокеанских лососей в Камчатском крае в 2017 г. *Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана*. Вып. 49. С. 85–99. DOI: 10.15853/2072-8212.2018.49.85-99
- Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 23.05.2019 № 267 «Об утверждении правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна». URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201906060001> (дата обращения: 02.04.2024).
- Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 06.05.2022 № 285 «Об утверждении правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна». URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202206020007> (дата обращения: 02.04.2024).
- Синяков С.А. 2006. Рыбная промышленность и промысел лососей в сравнении с другими отраслями экономики в регионах Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. 64 с.
- Сметанин А.Н. 1992. Находка кладки короткоклювого пыжика (*Brachyramphus brevirostris*) на Камчатке. В кн. Изучение морских колониальных птиц в СССР. Магадан: ИБПС ДВО РАН. С. 28–29.

- Сыроечковский Е.Е., Морозов В.В., Томкович П.С. и др. 2019. Новые виды птиц на юге Чукотки. *Орнитология*. Т. 43. Москва: Изд-во Московского университета. С. 45–73.
- Сыроечковский Е.Е., Якушев Н.Н. 2016. Мыс Наварин. В кн. Морские ключевые орнитологические территории Дальнего Востока России. Москва: РОСИП. С. 35–39.
- Томкович П.С., Сорокин А.Г. 1983. Фауна птиц Восточной Чукотки. В кн. Распространение и систематика птиц. Москва: Изд-во Московского университета. С. 77–159.
- Artukhin Yu.B., Vyatkin P.S., Andreev A.V. et al. 2011. Status of the Kittlitz's murrelet *Brachyramphus brevirostris* in Russia. *Marine Ornithology*. Vol. 39. № 1. P. 23–33.
- BirdLife International. 2018. *Brachyramphus brevirostris*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T22694875 A132579315. URL: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T22694875A132579315.en> (accessed 02.04.2024).
- Blejwas K.M., Wright S.K. 2012. Bycatch of Kittlitz's murrelet (*Brachyramphus brevirostris*) in commercial salmon gillnet fisheries in the Gulf of Alaska: A qualitative risk assessment: Wildlife Research Report ADF&G/DWC/WRR-2012-8. Juneau: Alaska Department of Fish and Game. 73 p.
- Day R.H., Kissling M.L., Kuletz K.J. et al. 2020. Kittlitz's murrelet (*Brachyramphus brevirostris*), version 1.0. In: Birds of the World. Ithaca, NY: Cornell Lab of Ornithology. URL: <https://doi.org/10.2173/bow.kitmur.01> (accessed 02.04.2024).
- Kondratyev A.Ya., Vyatkin P.S., Shibaev Y.V. 2000. Conservation and protection of seabirds and their habitat. In: Seabirds of the Russian Far East. Ottawa: Canadian Wildlife Service Special Publication. P. 117–129.
- Surmach S.G., Zaykin D.V. 1994. The scaly-sided merganser *Mergus squamatus* (Gould) in the Iman Basin, Far-East Russia. In: The scaly-sided merganser *Mergus squamatus* in Russia and China. Slimbridge, UK: Wildfowl and Wetlands Trust, International Waterfowl and Wetlands Research Bureau. P. 11–17.
- USFWS. 2010. Kittlitz's murrelet species assessment and listing priority form. Anchorage, AK: U.S. Fish and Wildlife Service. 46 p.
- Yelsukov S.V. 1994. The scaly-sided merganser *Mergus squamatus* (Gould) in the central Sikhote-Alin mountains, Far-East Russia. In: The scaly-sided merganser *Mergus squamatus* in Russia and China. Slimbridge, UK: Wildfowl and Wetlands Trust, International Waterfowl and Wetlands Research Bureau. P. 18–24.
- Žydelis R., Small C., French G. 2013. The incidental catch of seabirds in gillnet fisheries: A global review. *Biological Conservation*. Vol. 162. P. 76–88. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.04.002>

## REFERENCES

- Artukhin Yu.B. 2010. Composition and distribution of nesting marine birds. In: Current status of the ecosystem of the Western Bering Sea. Rostov-on-Don: SSC RAN Publ. P. 256–290 (in Russian).
- Artukhin Yu.B. 2018. Long-billed murrelet. In: Red Data Book of Kamchatskiy Krai. Volume 1. Animals. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 130 (in Russian).
- Artukhin Yu.B., Balykin P.A., Bonk A.A., Karpenko V.I. 2010. Fishery and its environmental consequences. In: Current status of the ecosystem of the Western

- Bering Sea. Rostov-on-Don: SSC RAN Publ. P. 301–337 (in Russian).
- Artukhin Yu.B., Burkanov V.N., Nikulin V.S. 2010. Accidental by-catch of marine birds and mammals in the salmon gillnet fishery in the northwestern Pacific Ocean. Moscow: Skorost' Tsveta Publ. 264 p. (in Russian).
- Artukhin Yu.B., Vyatkin P.S. 2014. Species composition and dynamics of seabird summer abundance in the inshore waters of the Olyutorsky Gulf (south-western part of Bering Sea). *Proceedings of Russian scientific conference "Conservation of the biodiversity of Kamchatka and adjacent seas"*. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. P. 179–182 (in Russian).
- Belopolsky L.O., Rogova E.N. 1947. On the avifauna of northeastern Kamchatka Peninsula. *Byulleten Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Novaya seriya. Otdel biologicheskii (Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. New Series. Biology Department)*. Vol. 52. № 2. P. 39–50 (in Russian).
- Bugaev V.F., Kirichenko V.E. 2008. Rearing and spawning lakes for Asian sockeye salmon stocks (including several additional water bodies in range). Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. 280 p. (in Russian).
- Vyatkin P.S. 1999. Distribution and numbers of the Kittlitz's murrelet *Brachyramphus brevirostris* on the eastern coast of Kamchatka. *Biologiya i okhrana ptits Kamchatki (The Biology and Conservation of the Birds of Kamchatka)*. Vol. 1. Moscow: Dialog-MGU Publ. P. 119–120 (in Russian).
- Gerasimov N.N. 2016. Birds of Karaginskiy Island. Moscow: BBC Press. 132 p. (in Russian).
- Golub E.V., Golub A.P. 2001. Anseriforms of Meinypilgyn lake-river system and Kaipylgin lake (Chukotka). *Kazarka (Casarca)*. № 7. P. 402–411 (in Russian).
- Elsukov S.V. 2013. Birds of the Northeastern Primorsky Krai: Non-passerines. Vladivostok: Dalnauka Publ. 536 p. (in Russian).
- Kolomiytsev N.P. 1986. Factors limiting the number of scaly-sided merganser and recommendations for the protection of this species. *Proceedings of the 1<sup>st</sup> Congress of the All-Union Ornithological Society and the IX All-Union Ornithological Conference "Study of birds in the USSR, their protection and sustainable use"*. Part 1. Leningrad: AN SSSR. P. 306–307 (in Russian).
- Kolomiytsev N.P. 1988. Results of studies of ecology of the mandarin duck – *Aix galericulata* (L.) in Lazo Reserve (South Primorye). In: Rare birds of the Far East and their protection. Vladivostok: DVO AN SSSR. P. 5–22 (in Russian).
- Konyukhov N.B., Zubakin V.A. 1988. On the avifauna of Eastern Chukotka. *Ornitologiya (Ornithology)*. Vol. 23. Moscow: Moscow State University Publ. P. 213–215 (in Russian).
- Krechmar A.V., Andreev A.V., Kondratyev A.Ya. 1991. Birds of the northern plains. Leningrad: Nauka Publ. 288 p. (in Russian).
- Labzyuk V.I. 1988. Scaly-sided merganser *Mergus squamatus* Gould in the Avvakumovka River basin. In: Rare birds of the Far East and their protection. Vladivostok: DVO AN SSSR. P. 43–45 (in Russian).
- Lobkov E.G. 2006. Yellow-billed loon. In: Red Data Book of Kamchatka. Volume 1. Animals. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatsky Pechatny Dvor Publ. P. 92–94 (in Russian).
- Lobkov E.G. 2014. Summer avifauna of Severnaya Lagoon (Olyutorskiy Ridge coast) and its vicinity. *Biologiya i okhrana ptits Kamchatki (The Biology and Conservation of the Birds of Kamchatka)*.

- Vol. 10. Moscow: BBC Press. P. 66–77 (in Russian).
- Nagornov A.A., Kovalenko M.N., Adamov A.A. 2016. Modern state of trap-net fishing of Pacific salmon in Kamchatka. *Issledovaniya vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoy chasti Tikhogo okeana (The Researchers of the Aquatic Biological Resources of Kamchatka and of the North-west Part of the Pacific Ocean)*. Vol. 40. P. 32–41. DOI: 10.15853/2072-8212.2016.40.32-41 (in Russian).
- Nagornov A.A., Kovalenko M.N., Adamov A.A., Soshin A.V. 2018. Results of the use of various fishing gears during Pacific salmon fishery campaign in Kamchatka region in 2017. *Issledovaniya vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoy chasti Tikhogo okeana (The Researchers of the Aquatic Biological Resources of Kamchatka and of the North-west Part of the Pacific Ocean)*. Vol. 49. P. 85–99. DOI: 10.15853/2072-8212.2018.49.85-99 (in Russian).
- Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation of 23 May, 2019 № 267 “On Approval to the Fishing Rules for the Far Eastern Fisheries Basin”. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201906060001> (accessed 02.04.2024) (in Russian).
- Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation of 6 May, 2022 No. 285 “On Approval to the Fishing Rules for the Far Eastern Fisheries Basin”. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202206020007> (accessed 02.04.2024) (in Russian).
- Sinyakov S.A. 2006. Fisheries and salmon catching in comparison with other economic sectors in the Far Eastern regions. Petropavlovsk-Kamchatsky: Kamchatpress Publ. 64 p. (in Russian).
- Smetanin A.N. 1992. Kittlitz’s murrelet (*Brachyramphus brevirostris*) clutch found on Kamchatka. In: Study of colonial seabirds in the USSR. Magadan: IBPS DVO RAN. P. 28–29 (in Russian).
- Syroechkovskiy E.E., Morozov V.V., Tomkovich P.S. et al. 2019. Bird species new for Souther Chukotka. *Ornitologiya (Ornithology)*. Vol. 43. Moscow: Moscow State University Publ. P. 45–73 (in Russian).
- Syroechkovskiy E.E., Yakushev N.N. 2016. Navarin Cape. In: Marine Important Bird Areas of the Russian Far East. Moscow: BirdsRussia Publ. P. 35–39.
- Tomkovich P.S., Sorokin A.G. 1983. Avifauna of Eastern Chukotka. In: Distribution and taxonomy of birds. Moscow: Moscow State University Publ. P. 77–159 (in Russian).
- Artukhin Yu.B., Vyatkin P.S., Andreev A.V. et al. 2011. Status of the Kittlitz’s murrelet *Brachyramphus brevirostris* in Russia. *Marine Ornithology*. Vol. 39. № 1. P. 23–33.
- BirdLife International. 2018. *Brachyramphus brevirostris*. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T22694875A132579315. URL: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T22694875A132579315.en> (accessed 02.04.2024).
- Blejwas K.M., Wright S.K. 2012. Bycatch of Kittlitz’s murrelet (*Brachyramphus brevirostris*) in commercial salmon gill-net fisheries in the Gulf of Alaska: A qualitative risk assessment: Wildlife Research Report ADF&G/DWC/WRR-2012-8. Juneau: Alaska Department of Fish and Game. 73 p.
- Day R.H., Kissling M.L., Kuletz K.J. et al. 2020. Kittlitz’s murrelet (*Brachyramphus brevirostris*), version 1.0. In: Birds of the World. Ithaca, NY: Cornell Lab of Ornithology. URL: <https://doi.org/10.2173/bow.kitmur.01> (accessed 02.04.2024).



- Kondratyev A.Ya., Vyatkin P.S., Shibaev Y.V. 2000. Conservation and protection of seabirds and their habitat. In: Seabirds of the Russian Far East. Ottawa: Canadian Wildlife Service Special Publication. P. 117–129.
- Surmach S.G., Zaykin D.V. 1994. The scaly-sided merganser *Mergus squamatus* (Gould) in the Iman Basin, Far-East Russia. In: The scaly-sided merganser *Mergus squamatus* in Russia and China. Slimbridge, UK: Wildfowl and Wetlands Trust, International Waterfowl and Wetlands Research Bureau. P. 11–17.
- USFWS. 2010. Kittlitz's murrelet species assessment and listing priority form. Anchorage, AK: U.S. Fish and Wildlife Service. 46 p.
- Yelsukov S.V. 1994. The scaly-sided merganser *Mergus squamatus* (Gould) in the central Sikhote-Alin mountains, Far-East Russia. In: The scaly-sided merganser *Mergus squamatus* in Russia and China. Slimbridge, UK: Wildfowl and Wetlands Trust, International Waterfowl and Wetlands Research Bureau. P. 18–24.
- Žydelis R., Small C., French G. 2013. The incidental catch of seabirds in gill-net fisheries: A global review. *Biological Conservation*. Vol. 162. P. 76–88. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.04.00>

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

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

Статья поступила в редакцию 16.05.2024; одобрена после рецензирования 25.07.2024; статья принята к публикации: 10.09.2024.

The article was submitted 16.05.2024; approved after reviewing 25.07.2024; accepted for publication 10.09.2024.

Научная статья

УДК 593.93

DOI: 10.17217/2079-0333-2024-69-57-79

## СХОДСТВО ФАУН МОРСКИХ ЗВЕЗД (ECHINODERMATA: ASTEROISDEA) МОРЕЙ РОССИИ

Степанов В.Г.<sup>1</sup>, Панина Е.Г.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Зоологический институт РАН, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., 1.

По литературным и собственным данным проведен сравнительный анализ фаун морских звезд из российских морей. Проанализировано видовое разнообразие морских звезд Черного моря, арктических (Белое, Баренцево, Карское, Лаптевых, Восточно-Сибирское, Чукотское) и дальневосточных (Берингово, Охотское, Японское) морей России, а также Центрального полярного бассейна. Фауну морских звезд рассматриваемых районов можно разделить на 3 группы: 1) Черное море; 2) арктические моря, за исключением Чукотского; 3) Чукотское море и дальневосточные моря.

**Ключевые слова:** морские звезды, распространение, сравнение фаун, Asteroidea.

Original article

## SIMILARITY OF STARFISH (ECHINODERMATA: ASTEROISDEA) FAUNA OF RUSSIAN SEAS

Stepanov V.G.<sup>1</sup>, Panina E.G.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Zoological Institute of Russian Academy of Science, St.-Petersburg, Universitetskaya Emb. 1.

A comparative analysis of the fauna of starfish from the Russian seas was carried out based on the literature and the author's own data. The species diversity of starfish in the Black Sea, the Arctic seas of Russia (White, Barents, Kara, Laptev, East Siberian, Chukchi Sea) and the Far Eastern seas (Bering Sea, Sea of Okhotsk, Sea of Japan) and the Central Polar Basin has been analyzed. The fauna of starfish in the areas under consideration can be divided into 3 groups: 1) Black Sea, 2) Arctic seas, with the exception of the Chukchi Sea, 3) Far Eastern seas and the Chukchi Sea.

**Key words:** starfish, distribution, fauna comparison, Asteroidea.

### ВВЕДЕНИЕ

История изучения морских звезд российских морей началась в первой половине прошлого столетия (до этого были лишь отрывочные сведения).

В 1926 г. А.М. Дьяконовым выпущена статья, посвященная фауне иглокожих Баренцева, Карского и Белого морей, включающая определитель 32 видов морских звезд [Дьяконов, 1926]. В том же году А.А. Шорыгин опубликовал статью

по иглокожим Белого моря, включающую довольно подробные сведения о распространении и экологии 10 видов морских звезд [Шорыгин, 1926], а в 1928 г. вышла работа, посвященная фауне иглокожих Баренцева моря, включающая подробные сведения о распространении и условиях существования 30 видов морских звезд [Шорыгин, 1928].

В 1930–50-х годах вышеуказанными авторами опубликован ряд статей и монографий, посвященных фауне российских иглокожих [Дьяконов, 1933; 1938; 1949; 1950; 1952а; 1952б; 1955; 1958; Шорыгин, 1948].

В 1950–70-х годах работу по изучению иглокожих, в частности морских звезд, продолжила ученица А.М. Дьяконова З.И. Баранова [Баранова, 1957; 1962; 1964; 1971; 1976]. В 1972 г. она совместно со своей коллегой Т.С. Савельевой сообщила о находке морской звезды *Marthasterias glacialis* (Linnaeus, 1758) в прибосфорском районе Черного моря.

В 1987 г. А.Г. Бажин опубликовал статью об иглокожих Авачинской губы, содержащую сведения о распространении и экологии 15 видов морских звезд [Бажин, 1987].

В 1990 г. вышла статья, содержащая сведения о распространении и условиях обитания видов морских звезд в море Лаптевых [Смирнов А., Смирнов И., 1990].

В 1997 г. опубликован список видов животных, растений и грибов литорали дальневосточных морей России, включающий 40 видов морских звезд [Кусакин и др., 1997].

В 2000 г. вышла работа, посвященная видовому составу, биогеографическому анализу фауны, количественному и вертикальному распределению иглокожих Баренцева моря, включающая сведения о 13 видах морских звезд [Анисимова, 2000].

В 2001 г. А.В. Смирновым составлен список морских звезд евразийских морей и прилежащих глубоководных частей Арк-

тики, включающий 79 видов [Смирнов, 2001], а в 2013 г. тем же автором составлен список морских звезд дальневосточных морей России – 170 видов и подвидов [Смирнов, 2013].

В 2009 г. А.В. Смирновым, И.С. Смирновым приведено описание и распространение по 16 видам морских звезд, обнаруженных в Чукотском море и Беринговом проливе по материалам сборов отечественных экспедиций с 1910 по 2005 гг., а также учтены данные каталога Национального музея естественной истории Смитсоновского института, США [Смирнов А., Смирнов И., 2009].

В 2010 г. С.В. Явнов опубликовал цветной иллюстрированный атлас морских звезд дальневосточных морей России [Явнов, 2010].

В 2018 г. опубликованы новые данные о морских звездах Охотского моря [Mironov et al., 2018].

В 2022 г. была написана статья, посвященная фауне морских звезд северо-западной части Берингова моря [Смирнов и др., 2022]. Три вида – *Solaster spectabilis* Clark & Jewett, 2011; *Hippasteria phrygiana* (Parelius, 1768) (= *Hippasteria armata* Fisher, 1911) и *Nearchaster (Nearchaster) pedicellaris pedicellaris* (Fisher, 1910) впервые встречены в Беринговом море, а виды *Pteraster tessellatus* Ives, 1888; *Diplopteraster multipes* (M. Sars, 1866) и *Asterias microdiscus* Djakonov, 1950 впервые указываются для северо-западной части Берингова моря.

Целью данной работы является проведение анализа фаун морских звезд морей России на основе литературных и собственных данных.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для настоящей работы послужил литературный анализ распро-

странения морских звезд в морях России [Баранова, Савельева, 1972; Смирнов, 2001; 2013; Смирнов и др., 2022]. Кроме того, проанализированы сборы траловой съёмки на судне НИС «ТИНРО» (ТИНРО-центр) в июле – августе 2008 г. и коллекция КФ ТИГ ДВО РАН (1985–2022 гг.). Обследовано 129 станций.

Для исследования особенностей биоразнообразия морских звезд, оценки обособленности и сходства фаун в исследуемых районах применялись различные показатели.

Были рассчитаны родовой коэффициент [Малышев, 1969], прогнозируемое количество родов и видов [Голиков, Скарлато, 1971; Голиков, 1976]. Степень изученности (прогнозируемое количество родов

и видов) каждого из морей устанавливалась посредством применения параболической функции, отражающей зависимость между рангами таксонов и биоразнообразием (рис. 1). Соотношение автохтонных и аллохтонных тенденций в формировании фауны морских звезд исследуемых морей на уровне вида и рода определялось по показателю насыщенности видового и родового состава (отношение разницы между фактическим и прогнозируемым количеством родов/видов к фактическому количеству зарегистрированных родов/видов в конкретном море), а также значению родового коэффициента – отношение количества видов к общему количеству родов [Малышев и др., 2000; Стратаненко, Денисенко, 2017; Стратаненко, 2021].



Рис. 1. Пример расчета прогнозируемого количества родов и видов

Fig. 1. An example of calculating the predicted number of genera and species

Оценка сходства фаун морских звезд исследуемых районов по видовому составу выполнялась посредством кластеризации данных в программе PAST 4.04. В качестве меры сходства использовался коэффициент видового сходства Серенсена – Чекановского:

$$K_{se} = \frac{2c}{a + b},$$

где  $a$  – число видов в одном сообществе;

$b$  – число видов в другом сообществе;

$c$  – число видов, общих для двух сообществ.

Пределы этого коэффициента от 0 до 1, причем  $K_{se} = 1$  означает полное сходство сообществ (абсолютное совпадение списков), а  $K_{se} = 0$  означает, что они не имеют ни одного общего вида.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В российских морях обитает 205 видов морских звезд, принадлежащих к семи отрядам, 16 семействам и 55 родам (табл. 1).

Таблица 1. Распространение морских звезд в морях России

Table 1. Distribution of starfish in the Russian seas

Таксон	Японское море	Юго-Восточный Сахалин, Южные Курилы	Охотское море	Северные и Средние Курилы, Командорские о-ва	Берингово море	Белое море	Баренцево море	Карское море	Море Лаптевых	Восточно-Сибирское море	Чукотское море	Центральный полярный бассейн	Черное море
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Отряд Paxillosida Perier, 1884</b>	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	
<b>Семейство Pseudarchasteridae Sladen, 1889</b>	+	+	+	+	+								
<b>Род Gephyreaster Fisher, 1910</b>			+	+	+								
<i>Gephyreaster swifti</i> (Fisher, 1905)			+	+	+								
<b>Род Pseudarchaster Sladen, 1889</b>	+	+	+	+	+								
<i>Pseudarchaster alascensis</i> Fisher, 1905	+	+	+	+	+								
<i>Pseudarchaster ornatus</i> Djakonov, 1950			+										
<b>Семейство Astropectinidae Gray, 1840</b>	+	+	+	+	+		+	+	+			+	
<b>Род Bathybiaster Danielssen &amp; Koren, 1883</b>							+	+	+			+	
<i>Bathybiaster vexillifer</i> (Wyville Thomson, 1873)							+	+	+			+	
<b>Род Dipsacaster Alcock, 1893</b>		+	+	+	+								
<i>Dipsacaster anoplus</i> Fisher, 1910		+	+		+								
<i>Dipsacaster borealis</i> Fisher, 1910			+	+	+								
<b>Род Leptychaster E.A. Smith, 1876</b>	+	+	+	+	+		+						
<b>Подрод Leptychaster (Leptychaster) Fisher, 1910</b>	+	+	+	+	+		+						
<i>Leptychaster anomalus</i> Fisher, 1906	+	+	+	+									
<i>Leptychaster arcticus</i> (M. Sars, 1851)							+						

Продолжение табл. 1

Continuation of the table 1

Таксон	Японское море	Юго-Восточный Сахалин, Южные Курилы	Охотское море	Северные и Средние Курилы, Командорские о-ва	Берингово море	Белое море	Баренцево море	Карское море	Море Лаптевых	Восточно-Сибирское море	Чукотское море	Центральный полярный бассейн	Черное море
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Leptychaster arcticus microplax</i> Djakonov, 1950	+	+	+	+	+								
<i>Leptychaster propinquus</i> Fisher, 1910	+	+	+	+									
<i>Leptychaster inermis</i> Ludwig, 1905				+									
<b>Род <i>Trophodiscus</i> Fisher, 1917</b>	+	+	+	+									
<i>Trophodiscus almus</i> Fisher, 1917	+	+	+	+									
<i>Trophodiscus uber</i> Djakonov, 1926		+	+	+									
<b>Род <i>Psilaster</i> Sladen, 1885</b>			+		+		+						
<i>Psilaster andromeda</i> (J. Müller et Troschel, 1842)							+						
<i>Psilaster pectinatus</i> (Fisher, 1905)			+		+								
<b>Род <i>Thrissacanthias</i> Fisher, 1910</b>			+	+									
<i>Thrissacanthias bispinosus</i> Djakonov, 1950			+	+									
<b>Семейство Luidiidae Sladen, 1889</b>	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	
<b>Род <i>Luidia</i> Forbes, 1839</b>	+												
<i>Luidia (Luidia) quinaria amurensis</i> Döderlein, 1920	+												
<b>Семейство Ctenodiscidae Sladen, 1889</b>	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	
<b>Род <i>Ctenodiscus</i> Müller &amp; Troschel, 1842</b>	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	
<i>Ctenodiscus crispatus</i> (Bruzelius, 1805)	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	
<b>Семейство Porcellanasteridae Sladen, 1883</b>		+	+	+	+								
<b>Род <i>Abyssaster</i> Madsen, 1961</b>				+									
<i>Abyssaster tara</i> (Wood-Mason et Alcock, 1891)				+									
<b>Род <i>Eremicaster</i> Fisher, 1905</b>		+	+	+	+								
<i>Eremicaster crassus</i> (Sladen, 1883)				+	+								
<i>Eremicaster pacificus</i> (Ludwig, 1905)		+	+		+								
<i>Eremicaster vicinus</i> (Ludwig, 1905)		+		+	+								
<b>Род <i>Styracaster</i> Sladen, 1883</b>				+									
<i>Styracaster longispinus</i> Belyaev et Moskalev, 1986				+									
<i>Styracaster paucispinis</i> Ludwig, 1907				+									
<b>Отряд Notomyotida Ludwig, 1910</b>	+	+	+	+	+		+	+	+	+		+	
<b>Семейство Benthopectinidae Verrill, 1899</b>	+	+	+	+	+		+	+	+	+		+	
<b>Род <i>Benthopecten</i> Verrill, 1884</b>			+		+								
<i>Benthopecten acanthonotus</i> Fisher, 1905					+								

Продолжение табл. 1

Continuation of the table 1

Таксон	Японское море	Юго-Восточный Сахалин, Южные Курилы	Охотское море	Северные и Средние Курилы, Командорские о-ва	Берингово море	Белое море	Баренцево море	Карское море	Море Лаптевых	Восточно-Сибирское море	Чукотское море	Центральный полярный бассейн	Черное море
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Benthopecten claviger occidentalis</i> Baranova, 1955					+								
<i>Benthopecten rhopalophorus</i> Djakonov, 1950			+										
<b>Род <i>Cheiraster</i> Studer, 1883</b>	+	+	+	+									
<b>Подрод <i>Cheiraster</i> (<i>Luidiaster</i>) Studer, 1883</b>	+	+	+	+									
<i>Cheiraster</i> ( <i>Luidiaster</i> ) <i>dawsoni dawsoni</i> (Verrill, 1880)		+		+									
<i>Cheiraster</i> ( <i>Luidiaster</i> ) <i>dawsoni ochotensis</i> (Djakonov, 1952)			+										
<i>Cheiraster</i> ( <i>Luidiaster</i> ) <i>tuberculatus</i> (Djakonov, 1929)	+												
<b>Род <i>Nearchaster</i> Fisher, 1911</b>		+	+		+								
<b>Подрод <i>Nearchaster</i> (<i>Nearchaster</i>) Fisher, 1911</b>		+	+										
<i>Nearchaster</i> ( <i>Nearchaster</i> ) <i>pedicellaris pedicellaris</i> (Fisher, 1910)					+								
<i>Nearchaster</i> ( <i>Nearchaster</i> ) <i>pedicellaris vagans</i> Djakonov, 1950			+										
<i>Nearchaster</i> ( <i>Nearchaster</i> ) <i>variabilis geminus</i> Djakonov, 1950		+	+										
<b>Род <i>Pontaster</i> Sladen, 1885</b>							+	+	+	+		+	
<i>Pontaster tenuispinus</i> (Dtlben et Koren, 1846)							+	+	+	+		+	
<b>Отряд <i>Valvatida</i> Perrier, 1884</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<b>Семейство <i>Asterinidae</i> Gray, 1840</b>		+	+				+						
<b>Род <i>Asterina</i> Nardo, 1834</b>		+	+										
<i>Asterina pectinifera</i> (Müller et Trosche, 1842)		+	+										
<b>Род <i>Tremaster</i> Verrill, 1879</b>							+						
<i>Tremaster mirabilis</i> Verrill, 1880							+						
<b>Семейство <i>Goniasteridae</i> Forbes, 1841</b>	+	+	+	+	+		+						
<b>Подсемейство <i>Ganeriinae</i> Sladen, 1889</b>	+	+	+	+	+		+						
<b>Род <i>Ceramaster</i> Verrill, 1899</b>		+	+	+	+		+						
<i>Ceramaster arcticus</i> (Verrill, 1909)				+									
<i>Ceramaster granularis</i> (Retzius, 1783)							+						
<i>Ceramaster japonicus</i> (Sladen, 1889)		+	+	+									
<i>Ceramaster productus</i> Djakonov, 1950		+	+	+									

Продолжение табл. 1

Continuation of the table 1

Таксон	Японское море	Юго-Восточный Сахалин, Южные Курилы	Охотское море	Северные и Средние Курилы, Командорские о-ва	Берингово море	Белое море	Баренцево море	Карское море	Море Лаптевых	Восточно-Сибирское море	Чукотское море	Центральный полярный бассейн	Черное море
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Ceramaster stellatus</i> Djakonov, 1950			+		+								
<b>Род <i>Cladaster</i> Verrill, 1899</b>		+	+	+									
<i>Cladaster validus</i> Fisher, 1910		+	+	+									
<b>Род <i>Hippasteria</i> Gray, 1840</b>	+	+	+	+	+		+						
<i>Hippasteria colossa</i> Djakonov, 1950					+								
<i>Hippasteria derjugini</i> Djakonov, 1950			+										
<i>Hippasteria kurilensis</i> Fisher, 1905	+	+	+	+									
<i>Hippasteria leiopelta</i> Fisher, 1910	+	+	+	+									
<i>Hippasteria mammifera</i> Djakonov, 1950			+										
<i>Hippasteria pedicellaris</i> Djakonov, 1950			+										
<i>Hippasteria phrygiana</i> (Parelius, 1768)					+		+						
<i>Hippasteria spinosa spinosa</i> Verrill, 1909			+										
<i>Hippasteria spinosa armata</i> Fisher, 1911			+	+									
<b>Род <i>Mediaster</i> Stimpson, 1857</b>				+									
<i>Mediaster tenellus</i> Fisher, 1905				+									
<b>Род <i>Pseudarchaster</i> Sladen, 1889</b>							+						
<i>Pseudarchaster parelli</i> (Dulben et Koren, 1846)							+						
<b>Семейство Poraniidae Perrier, 1894</b>						+	+	+	+	+			
<b>Род <i>Poraniomorpha</i> Danielssen &amp; Koren, 1881</b>						+	+	+	+	+			
<i>Poraniomorpha bidens</i> Mortensen, 1932								+	+				
<i>Poraniomorpha hispida</i> (M. Sars, 1872)							+						
<i>Poraniomorpha tumida</i> (Stuxberg, 1878)						+	+	+	+	+			
<b>Род <i>Tylaster</i> Danielssen &amp; Koren, 1881</b>								+					
<i>Tylaster willei</i> Danielssen et Koren, 1881								+					
<b>Семейство Solasteridae Viguier, 1878</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<b>Род <i>Lophaster</i> Verrill, 1878</b>	+		+	+			+	+	+	+		+	
<i>Lophaster furcifer</i> (Düben & Koren, 1846)							+	+	+	+		+	
<i>Lophaster furcilliger</i> Fisher, 1905	+		+	+									
<b>Род <i>Solaster</i> Forbes, 1839</b>	+	+	+	+	+	+	+	+			+		



Продолжение табл. 1

Continuation of the table 1

Таксон	Японское море	Юго-Восточный Сахалин, Южные Курилы	Охотское море	Северные и Средние Курилы, Командорские о-ва	Берингово море	Белое море	Баренцево море	Карское море	Море Лаптевых	Восточно-Сибирское море	Чукотское море	Центральный полярный бассейн	Черное море
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Solaster dawsoni</i> Verrill, 1880	+	+	+	+	+						+		
<i>Solaster endeca</i> (Linnaeus, 1771)	+			+		+	+	+					
<i>Solaster glacialis</i> Danielssen et Koren, 1884							+						
<i>Solaster haliplous</i> Djakonov, 1958	+			+									
<i>Solaster intermedius</i> Hayashi, 1939	+												
<i>Solaster pacificus</i> Djakonov, 1938	+	+	+	+									
<i>Solaster paxillatus</i> Sladen, 1889		+		+	+								
<i>Solaster spectabilis</i> Clark and Jewett, 2011					+								
<i>Solaster stimpsoni</i> Verrill, 1880		+	+	+									
<i>Solaster syrtensis</i> Verrill, 1894							+	+	+				
<b>Род <i>Crossaster</i> Müller &amp; Troschel, 1840</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Crossaster borealis borealis</i> Fisher, 1906					+								
<i>Crossaster borealis ochotensis</i> Djakonov, 1950			+	+									
<i>Crossaster diamesus</i> (Djakonov, 1932)	+	+	+										
<i>Crossaster japonicas</i> (Fisher, 1911)	+												
<i>Crossaster papposus</i> (Linnaeus, 1767)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Crossaster squamatus</i> (Döderlein, 1900)							+						
<b>Отряд <i>Velatida</i> Perrier, 1893</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<b>Семейство <i>Korethrasteridae</i> Danielssen &amp; Koren, 1884</b>				+			+	+	+				
<b>Род <i>Korethraster</i> Thomson, 1873</b>							+	+	+				
<i>Korethraster hispidus</i> Wyville Thomson, 1873							+	+	+				
<b>Род <i>Peribolaster</i> Sladen, 1889</b>				+									
<i>Peribolaster biserialis</i> Fisher, 1905				+									
<b>Семейство <i>Pterasteridae</i> Perrier, 1875</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<b>Род <i>Pteraster</i> Müller &amp; Troschel, 1842</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>Pteraster educator</i> Djakonov, 1958		+		+									
<i>Pteraster hymenasteroides</i> Djakonov, 1958	+												
<i>Pteraster ifurus</i> Golotsvan, 1998				+									
<i>Pteraster militaris</i> (O.F. Müller, 1776)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
<i>Pteraster marsippus</i> Fisher, 1910	+	+	+	+									
<i>Pteraster minutus</i> Djakonov, 1958		+											

Продолжение табл. 1

Continuation of the table 1

Таксон	Японское море	Юго-Восточный Сахалин, Южные Курилы	Охотское море	Северные и Средние Курилы, Командорские о-ва	Берингово море	Белое море	Баренцево море	Карское море	Море Лаптевых	Восточно-Сибирское море	Чукотское море	Центральный полярный бассейн	Черное море
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Pteraster obscurus</i> (Perrier, 1891)							+	+	+	+			
<i>Pteraster octaster</i> Verrill, 1909	+	+	+	+	+								
<i>Pteraster ornatus</i> Al. Smirnov, 1982		+	+	+	+						+		
<i>Pteraster pulvillus</i> (M. Sars, 1861)	+	+	+				+	+	+				
<i>Pteraster solitarius</i> Djakonov, 1958		+											
<i>Pteraster temnochiton</i> Fisher, 1910		+											
<i>Pteraster tesselatus</i> Ives, 1888	+	+		+	+								
<i>Pteraster texius</i> Golotsvan, 1998				+									
<b>Род <i>Amembranaster</i> Golotsvan, 1998</b>				+									
<i>Amembranaster dimidiatus</i> Golotsvan, 1998				+									
<b>Род <i>Diplopteraster</i> Verrill, 1880</b>		+	+		+								
<i>Diplopteraster multipes multipes</i> (M. Sars, 1866)		+	+		+								
<b>Род <i>Hymenaster</i> Wyville Thomson, 1873</b>			+		+		+	+	+	+		+	
<i>Hymenaster pellucidus</i> Wyville Thomson, 1873							+	+	+	+		+	
<i>Hymenaster perissonotus</i> Fisher, 1910			+		+								
<i>Hymenaster quadrispinosus</i> Fisher, 1905			+		+								
<b>Отряд <i>Spinulosida</i> Perrier, 1884</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
<b>Семейство <i>Echinasteridae</i> Verrill, 1867</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
<b>Род <i>Aleuthenricia</i> Clark &amp; Jewett, 2010</b>	+	+	+	+	+								
<i>Aleuthenricia beringiana</i> (Djakonov, 1950)			+	+	+								
<i>Aleuthenricia derjugini</i> (Djakonov, 1950)	+	+	+	+	+								
<i>Aleuthenricia irregularis</i> (Hayashi, 1940)	+		+										
<i>Aleuthenricia reticulata</i> (Hayashi, 1940)	+	+	+	+									
<b>Род <i>Henricia</i> Gray, 1840</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		
<i>Henricia ambigua</i> Djakonov, 1958	+	+	+										
<i>Henricia aniva</i> Djakonov, 1958	+	+											
<i>Henricia arctica</i> Verrill, 1914				+	+						+		
<i>Henricia aspera aspera</i> Fisher, 1906	+	+	+	+	+								
<i>Henricia aspera robusta</i> Djakonov, 1949	+	+	+	+									
<i>Henricia beringiana</i> Djakonov, 1950										+			
<i>Henricia densispina</i> (Sladen, 1878)	+	+	+										

Продолжение табл. 1

Continuation of the table 1

Таксон	Японское море	Юго-Восточный Сахалин, Южные Курилы	Охотское море	Северные и Средние Курилы, Командорские о-ва	Берингово море	Белое море	Баренцево море	Карское море	Море Лаптевых	Восточно-Сибирское море	Чукотское море	Центральный полярный бассейн	Черное море
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Henricia dyscrita</i> Fisher, 1911	+		+										
<i>Henricia elegans</i> Djakonov, 1950		+	+										
<i>Henricia eschrichti</i> (J. Muller et Troschel, 1842)						+	+						
<i>Henricia granulifera</i> Djakonov, 1958	+	+											
<i>Henricia hayashii</i> Djakonov, 1961	+												
<i>Henricia imitatrix</i> Djakonov, 1961			+										
<i>Henricia inexpectata</i> Djakonov, 1961			+										
<i>Henricia kurilensis</i> Djakonov, 1958	+	+	+										
<i>Henricia leviuscula leviuscula</i> (Stimpson, 1857)	+			+									
<i>Henricia lisa ingolfi</i> Madsen, 1987							+						
<i>Henricia longispina longispina</i> Fisher, 1910	+		+										
<i>Henricia ochotensis</i> Djakonov, 1950			+										
<i>Henricia orientalis</i> Djakonov, 1950	+	+	+		+								
<i>Henricia pacifica</i> Hayashi, 1940	+	+	+										
<i>Henricia perforata</i> (O.F. Milller, 1776)						+	+	+	+	+			
<i>Henricia pertusa</i> (O.F. Muller, 1776)							+						
<i>Henricia pseudoleviuscula</i> Djakonov, 1958	+												
<i>Henricia reniosa asiatica</i> Djakonov, 1961	+												
<i>Henricia sanguinolenta</i> (O.F. Milller, 1776)						+	+	+					
<i>Henricia sachalinica</i> Djakonov, 1958		+											
<i>Henricia singularis</i> Djakonov, 1961			+										
<i>Henricia spiculifera</i> Fisher, 1911	+	+	+	+	+								
<i>Henricia tacita</i> Djakonov, 1958	+	+	+										
<i>Henricia tumida</i> Verrill, 1914	+	+	+	+	+						+		
<b>Отряд Brisingida Fisher, 1928</b>			+		+								
<b>Семейство Brisingidae G.O. Sars, 1875</b>			+		+								
<b>Род Hymenodiscus Perrier, 1884</b>			+		+								
<i>Hymenodiscus beringiana</i> (Korovchinsky, 1967)					+								
<i>Hymenodiscus ochotensis</i> (Djakonov, 1950)			+										
<b>Семейство Freyellidae Downey, 1986</b>			+	+	+								
<b>Род Freyella Perrier, 1885</b>				+	+								
<i>Freyella haxactis</i> Baranova, 1957					+								

Продолжение табл. 1

Continuation of the table 1

Таксон	Японское море	Юго-Восточный Сахалин, Южные Курилы	Охотское море	Северные и Средние Курилы, Командорские о-ва	Берингово море	Белое море	Баренцево море	Карское море	Море Лаптевых	Восточно-Сибирское море	Чукотское море	Центральный полярный бассейн	Черное море
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Freyella kurilokamchatica</i> Korovchinsky, 1976				+									
<i>Freyella loricata</i> Korovchinsky et Galkin, 1984				+									
<b>Род <i>Astrocles</i> Fisher, 1917</b>			+		+								
<i>Astrocles actinodetus</i> Fisher, 1917			+		+								
<i>Astrocles djakonovi</i> Gruzov, 1964			+										
<b>Отряд Forcipulatida Perrier, 1884</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Семейство Pedicellasteridae Perrier, 1884</b>	+	+	+	+	+		+	+					
<b>Род <i>Pedicellaster</i> M. Sars, 1861</b>	+	+	+	+	+		+	+					
<i>Pedicellaster eximius</i> Djakonov, 1949			+										
<i>Pedicellaster indistinctus</i> Djakonov, 1950			+										
<i>Pedicellaster magister magister</i> Fisher, 1923			+	+	+								
<i>Pedicellaster magister ochotensis</i> Djakonov, 1950		+	+	+									
<i>Pedicellaster orientalis</i> Fisher, 1928	+	+											
<i>Pedicellaster typicus</i> M. Sars, 1861							+	+					
<b>Семейство Zoroasteridae Sladen, 1889</b>			+										
<b>Род <i>Muxoderma</i> Fisher, 1905</b>			+										
<i>Muxoderma sacculatum</i> (Fisher, 1905)			+										
<b>Семейство Asteroidea Gray, 1840</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Род <i>Marthasterias</i> Jullien, 1878</b>													+
<i>Marthasterias glacialis</i> (Linnaeus, 1758)													+
<b>Род <i>Asterias</i> Linnaeus, 1758</b>	+	+	+	+	+	+	+				+		
<i>Asterias amurensis</i> Lütken, 1871	+	+											
<i>Asterias argonauta</i> Djakonov, 1950	+												
<i>Asterias microdiscus</i> Djakonov, 1950				+	+								
<i>Asterias rathbuni rathbuni</i> (Verrill, 1909)				+	+						+		
<i>Asterias rathbuni crassispinis</i> Djakonov, 1950			+										
<i>Asterias rollestoni</i> Bell, 1881	+	+											
<i>Asterias rubens</i> Linnaeus, 1758						+	+						
<b>Род <i>Aphelasterias</i> Fisher, 1923</b>	+	+											
<i>Aphelasterias japonica</i> (Bell, 1881)	+	+											
<b>Род <i>Distolasterias</i> Perrier, 1896</b>	+	+											
<i>Distolasterias elegans</i> Djakonov, 1931	+	+											

Продолжение табл. 1

Continuation of the table 1

Таксон	Японское море	Юго-Восточный Сахалин, Южные Курилы	Охотское море	Северные и Средние Курилы, Командорские о-ва	Берингово море	Белое море	Баренцево море	Карское море	Море Лаптевых	Восточно-Сибирское море	Чукотское море	Центральный полярный бассейн	Черное море
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Distolasterias nippon</i> (Döderlein, 1902)	+	+											
<b>Род <i>Evasterias</i> Verrill, 1914</b>	+	+	+	+	+						+		
<i>Evasterias troscheli</i> (Stimpson, 1862)				+	+								
<i>Evasterias derjugini</i> (Djakonov, 1938)	+												
<i>Evasterias echinosoma</i> Fisher, 1926	+	+	+	+	+						+		
<i>Evasterias retifera</i> Djakonov, 1938	+	+	+	+									
<b>Род <i>Icasterias</i> Fisher, 1923</b>							+	+	+	+		+	
<i>Icasterias panopla</i> (Stuxberg, 1878)							+	+	+	+		+	
<b>Род <i>Leptasterias</i> Verrill, 1866</b>	+	+	+	+	+		+				+		
<b>Подрод <i>Leptasterias</i> (<i>Leptasterias</i>) Verrill, 1866</b>	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+		
<i>Leptasterias</i> ( <i>Leptasterias</i> ) <i>arctica arctica</i> (Murdoch, 1885)				+	+		+				+		
<i>Leptasterias</i> ( <i>Leptasterias</i> ) <i>djakonovi</i> Baranova et Karpenko, 1979				+									
<i>Leptasterias</i> ( <i>Leptasterias</i> ) <i>fisheri fisheri</i> Djakonov, 1929	+	+	+	+									
<i>Leptasterias</i> ( <i>Leptasterias</i> ) <i>fisheri meridionalis</i> Djakonov, 1938	+	+											
<i>Leptasterias</i> ( <i>Leptasterias</i> ) <i>hirsuta</i> Djakonov, 1938		+	+	+									
<i>Leptasterias</i> ( <i>Leptasterias</i> ) <i>hylodes reticulata</i> Djakonov, 1938				+	+								
<i>Leptasterias</i> ( <i>Leptasterias</i> ) <i>hyperborea</i> (Danielssen & Koren, 1882)							+						
<i>Leptasterias</i> ( <i>Leptasterias</i> ) <i>insolens</i> Djakonov, 1938	+		+	+									
<i>Leptasterias</i> ( <i>Leptasterias</i> ) <i>muelleri</i> (M. Sars, 1846)							+						
<i>Leptasterias</i> ( <i>Leptasterias</i> ) <i>orientalis orientalis</i> Djakonov, 1929	+	+	+	+									
<i>Leptasterias</i> ( <i>Leptasterias</i> ) <i>orientalis japonica</i> Djakonov, 1938	+	+	+										
<i>Leptasterias</i> ( <i>Leptasterias</i> ) <i>subarctica</i> Djakonov, 1938		+	+	+									
<b>Подрод <i>Leptasterias</i> (<i>Eoleptasterias</i>) Djakonov, 1938</b>	+	+	+	+									
<i>Leptasterias</i> ( <i>Eoleptasterias</i> ) <i>ochotensis</i> (Brandt, 1851)	+		+	+									
<i>Leptasterias</i> ( <i>Eoleptasterias</i> ) <i>derbeki derbeki</i> Djakonov, 1938	+	+	+										

Продолжение табл. 1

Continuation of the table 1

Таксон	Японское море	Юго-Восточный Сахалин, Южные Курилы	Охотское море	Северные и Средние Курилы, Командорские о-ва	Берингово море	Белое море	Баренцево море	Карское море	Море Лаптевых	Восточно-Сибирское море	Чукотское море	Центральный полярный бассейн	Черное море
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Leptasterias (Eoleptasterias) derbeki tatarica</i> , Djakonov, 1938	+	+	+										
<i>Leptasterias (Eoleptasterias) granulata</i> Djakonov, 1938			+										
<i>Leptasterias (Eoleptasterias) kussakini</i> Baranova, 1962		+											
<i>Leptasterias (Eoleptasterias) similispinis</i> (H.L. Clark, 1908)	+	+											
<i>Leptasterias (Eoleptasterias) squamulata</i> Djakonov, 1938				+									
<i>Leptasterias (Eoleptasterias) vinogradovi</i> Djakonov, 1938				+									
<b>Подрод <i>Leptasterias (Nesasterias)</i> Fisher, 1930</b>				+									
<i>Leptasterias (Nesasterias) stolocantha</i> Fisher, 1930				+									
<b>Подрод <i>Leptasterias (Endogenasterias)</i> Djakonov, 1938</b>				+	+		+	+	+	+	+		
<i>Leptasterias (Endogenasterias) groenlandica</i> (Steenstrup, 1857)				+	+		+	+	+	+	+		
<b>Подрод <i>Leptasterias (Hexasterias)</i> Fisher, 1930</b>	+	+	+	+	+					+	+		
<i>Leptasterias (Hexasterias) alaskensis alaskensis</i> (Verrill, 1909)				+									
<i>Leptasterias (Hexasterias) alaskensis asiatica</i> Fisher, 1930	+	+		+									
<i>Leptasterias (Hexasterias) calcigera</i> Baranova et Karpenko, 1979				+									
<i>Leptasterias (Hexasterias) camtchatica</i> (Brandt, 1835)				+									
<i>Leptasterias (Hexasterias) coei shantarica</i> Djakonov, 1938			+										
<i>Leptasterias (Hexasterias) dispar</i> Verrill, 1914				+									
<i>Leptasterias (Hexasterias) hexactis hexactis</i> (Stimpson, 1862)				+									
<i>Leptasterias (Hexasterias) hexactis occidentalis</i> Djakonov, 1938			+										
<i>Leptasterias (Hexasterias) leptodoma</i> Fisher, 1930				+									
<i>Leptasterias (Hexasterias) polymorpha</i> Djakonov, 1938			+										

Окончание табл. 1

The end of the table 1

Таксон	Японское море	Юго-Восточный Сахалин, Южные Курилы	Охотское море	Северные и Средние Курилы, Командорские о-ва	Берингово море	Белое море	Баренцево море	Карское море	Море Лаптевых	Восточно-Сибирское море	Чукотское море	Центральный полярный бассейн	Черное море
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Leptasterias (Hexasterias) polaris acervata</i> (Stimpson, 1862)				+	+					+	+		
<i>Leptasterias (Hexasterias) polaris ushakovi</i> Djakonov, 1938		+	+	+									
<i>Leptasterias (Hexasterias) schmidti</i> Djakonov, 1938			+										
<b>Род <i>Lethasterias</i> Fisher, 1923</b>	+	+	+	+	+						+		
<i>Lethasterias nanimensis beringiana</i> Djakonov, 1931				+									
<i>Lethasterias nanimensis chelifera</i> (Verrill, 1914)	+	+	+	+	+						+		
<i>Lethasterias fusca</i> Djakonov, 1931	+	+											
<b>Род <i>Plazaster</i> Fisher, 1941</b>	+												
<i>Plazaster borealis</i> (Uchida, 1938)	+												
<b>Род <i>Stephanasterias</i> Verrill, 1871</b>		+	+	+	+		+	+					
<i>Stephanasterias albula</i> (Stimpson, 1853)		+	+	+	+		+	+					
<b>Род <i>Stichasterella</i> Verrill, 1914</b>							+						
<i>Stichasterella rosea</i> (O.F. Müller, 1776)							+						
<b>Род <i>Urasterias</i> Verrill, 1909</b>						+	+	+	+	+	+	+	
<i>Urasterias linckii</i> (J. Müller et Troschel, 1842)						+	+	+	+	+	+	+	
<b>Подсемейство <i>Rusnopoidea</i> Verrill, 1914</b>	+	+											
<b>Род <i>Lysastrosoma</i> Fisher, 1922</b>	+	+											
<i>Lysastrosoma anthosticta</i> Fisher, 1922	+	+											

Отряд Paxillosida Perrier, 1884 включает восемь семейств, представители пяти из которых (*Astropectinidae*, *Ctenodiscidae*, *Luidiidae*, *Porcellanasteridae*, *Pseudarchasteridae*) встречаются на всей акватории России, за исключением Черного и Белого морей.

Морские звезды семейства *Astropectinidae* Gray, 1840, не встречены в Черном, Белом, Восточно-Сибирском и Чукотском морях. Виды рода *Bathybiaster* Danielssen

& Koren, 1883 этого семейства зарегистрированы только в морях Баренцевом, Карском, Лаптевых и в Центральном полярном бассейне; виды рода *Dipsacaster* Alcock, 1893 – в дальневосточных морях, за исключением Японского; виды рода *Leptychaster* E.A. Smith, 1876 – во всех дальневосточных морях и в Баренцевом море; виды рода *Trophodiscus* Fisher, 1917 обитают в Японском и Охотском морях;

вид *Psilaster andromeda* (Müller & Troschel, 1842) встречен в Баренцевом море, а вид *P. pectinatus* (Fisher, 1905) – в Охотском и Беринговом морях; *Thrissacanthias bispinosus* Djakonov 1950 описан из Охотского моря [Дьяконов, 1950]. Подвид *Luidia (Luidia) quinaria amurensis* Döderlein, 1920 из семейства Luidiidae Sladen, 1889 встречен только в Японском море, что указывает на тропическое происхождение этого семейства. Вид *Ctenodiscus crispatus* (Brucelius, 1805) семейства Ctenodiscidae Sladen, 1889 обнаружен во всех российских морях, за исключением Белого и Черного. Представители семейства Porcellanasteridae Sladen, 1883 обнаружены в Охотском и Беринговом морях. Представители семейства Pseudarchasteridae Sladen, 1889 встречены только в дальневосточных морях. Вид морских звезд из этого семейства *Gephyreaster swifti* (Fisher, 1905) обитает в Охотском и Беринговом морях, вид *Pseudarchaster alascensis* Fisher, 1905 обнаружен во всех дальневосточных морях России, а вид *P. ornatus* Djakonov, 1950 найден только в Охотском море.

Представители монотипического отряда Notomyotida Ludwig, 1910, с единственным семейством Benthopectinidae Verrill, 1899, обитают на всей акватории России, кроме Белого, Черного и Чукотского морей. Вид *Pontaster tenuispinus* (Düben et Koren, 1846) из рода *Pontaster* Sladen, 1885 встречен в Баренцевом, Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском морях, а также в водах Центрального полярного бассейна. Виды рода *Nearchaster* Fisher, 1911 встречаются в Охотском и Беринговом морях. Виды рода *Cheiraster* Studer, 1883 встречены в Японском и Охотском морях, подвид *Benthopecten claviger occidentalis* Baranova, 1955 обитает в Беринговом море, а вид *Benthopecten rhopalophorus* Djakonov, 1950 – в Охотском.

В отряд Valvatida Perrier, 1884 входит 17 семейств, четыре из которых, Asterinidae, Goniasteridae, Poraniidae и Solasteridae, встречаются в российских морях за исключением Черного моря.

Вид *Asterina pectinifera* (Müller et Troschel, 1842) из семейства Asterinidae Gray, 1840 встречается в Охотском море, а вид *Tremaster mirabilis* Verrill, 1880 из того же семейства – в Баренцевом.

Вид *Ceramaster granularis* (Retzius, 1783) (сем. Goniasteridae Forbes, 1841, п/сем. Gaperiinae Sladen, 1889) обитает в Баренцевом море, а виды *C. arcticus* (Verrill, 1909), *C. japonicus* (Sladen, 1889), *C. productus* Djakonov, 1950 и *C. stellatus* Djakonov, 1950 в Беринговом и Охотском морях. Вид *Cladaster validus* Fisher, 1910 встречен в Охотском море. Виды рода *Hippasteria* Gray, 1840 встречаются в основном в дальневосточных морях России, но вид *H. phrygiana* (Parelius, 1768) обнаружен в Беринговом и Баренцевом морях. Вид *Pseudarchaster parelli* (Düben et Koren, 1846) встречен только в Баренцевом море, а вид *Mediaster tenellus* Fisher, 1905 – близ Курильских о-вов.

Виды семейства Poraniidae Perrier, 1894 встречаются в арктических морях России, за исключением Чукотского моря и Центрального полярного бассейна.

Самое распространенное семейство из отряда Valvatida – Solasteridae Viguiet, 1878, представители которого встречаются на всей акватории, кроме Черного моря. Вид *Lophaster furcifer* (Düben & Koren, 1846) обитает в арктических морях России, за исключением Белого и Чукотского морей, а вид *Lophaster furcilliger* Fisher, 1905 – в Японском и Охотском морях. Виды рода *Solaster* Forbes, 1839 встречаются в дальневосточных морях, а также в Белом, Баренцевом, Карском и Чукотском морях. Вид *Crossaster papposus* (Linnaeus, 1767)



обитает во всех дальневосточных и арктических морях России, вид *C. japonicus* (Fisher, 1911) – в Японском море, подвид *C. borealis borealis* Fisher, 1906 – в Беринговом море, подвид *C. borealis ochotensis* Djakonov, 1950 – в Охотском море, вид *C. diamesus* (Djakonov, 1932) – в Охотском и Японском морях, а *C. squamatus* (Döderlein, 1900) – в Баренцевом море.

Представители, относящиеся к отряду Velatida Perrier, 1893, были обнаружены во всех арктических и дальневосточных морях России. В данный отряд входят четыре семейства, виды двух из которых встречаются в российских морях: Korethrasteridae и Pterasteridae.

Вид *Peribolaster biserialis* Fisher, 1905 из семейства Korethrasteridae Danielssen & Koren, 1884 обнаружен близ Командорских о-вов, а вид *Korethraster hispidus* Wyville Thomson, 1873 – в Баренцевом, Карском и Лаптевых морях.

Представители семейства Pterasteridae Perrier, 1875 встречены во всех арктических и дальневосточных морях России. Род *Pteraster* Müller & Troschel, 1842 распространен по всему исследуемому району, кроме Центрального полярного бассейна и Черного моря. Вид *Amembranaster dimidiatus* Golotsvan, 1998 встречен близ Командорских о-вов, вид *Diplopteraster multipes* (M. Sars, 1866) – в Охотском и Беринговом морях. Вид *Hymenaster quadrispinosus* Fisher, 1905 обнаружен в Беринговом море, вид *H. perissonotus* Fisher, 1910 – в Охотском и Беринговом морях, а вид *H. pellucidus* Wyville Thomson, 1873 – на акватории российской Арктики, за исключением Белого и Чукотского морей.

В отряд Spinulosida Perrier, 1884 входят два семейства, одно из которых, Echinasteridae Verrill, 1867, указано для всех российских морей, за исключением Центрального полярного бассейна и Чер-

ного моря, при этом виды рода *Henricia* Gray, 1840 встречены как в дальневосточных, так и в арктических морях, а виды рода *Aleutihenricia* Clark & Jewett, 2010 – только в дальневосточных.

Отряд Brisingida Fisher, 1928 представлен двумя семействами – Brisingidae G.O. Sars, 1875 и Freyellidae Downey, 1986. Представители данного отряда были обнаружены в Охотском и Беринговом морях.

В отряд Forcipulatida Perrier, 1884 входят пять семейств, в российских морях встречаются представители трех из них – Asteriidae, Pedicellasteridae, Zoroasteridae. Виды рода *Pedicellaster* M. Sars, 1861 (сем. Pedicellasteridae Perrier, 1884) обитают в дальневосточных морях, вид *Muxoderma sacculatum* (Fisher, 1905) (сем. Zoroasteridae Sladen, 1889) встречен в Охотском море. Представители семейства Asteriidae Gray, 1840 обнаружены во всех российских морях, в Черном море в прибосфорском районе встречен единственный вид морских звезд из этого семейства – *Marthasterias glacialis* (Linnaeus, 1758).

Для сравнения фаун морских звезд указанных районов нами были рассчитаны коэффициенты видового сходства Серенсена – Чекановского (табл. 2).

После проведенных расчетов все районы отчетливо разделились на три группы: 1) Черное море; 2) арктические моря, за исключением Чукотского; 3) Чукотское море и дальневосточные моря (рис. 2).

Фауну арктических морей в свою очередь можно разделить на 3 группы: 1) Белое море; 2) Баренцево море; 3) море Лаптевых, Восточно-Сибирское и Карское моря и Центральный полярный бассейн. Здесь больше всего отличается фауна Центрального полярного бассейна и наиболее сходны фауны морей Лаптевых и Карского – 85% (коэффициент Серенсена – Чекановского равен 0,85).

Таблица 2. Коэффициенты сходства фаун морских звезд морей России

Table 2. Coefficients of similarity between the faunae of starfish in the Russian seas

	Японское море	Юго-Восточный Сахалин, Южные Курилы	Охотское море	Северные и Средние Курилы, Командорские о-ва	Берингово море	Белое море	Баренцево море	Карское море	Море Лаптевых	Восточно-Сибирское море	Чукотское море	Центральный полярный бассейн	Черное море
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	<b>70</b>												
2	0,68	<b>76</b>											
3	0,52	0,63	<b>92</b>										
4	0,43	0,51	0,51	<b>88</b>									
5	0,24	0,34	0,37	0,44	<b>47</b>								
6	0,08	0,05	0,04	0,06	0,07	<b>9</b>							
7	0,09	0,09	0,08	0,11	0,17	0,39	<b>37</b>						
8	0,11	0,10	0,09	0,11	0,14	0,44	0,70	<b>23</b>					
9	0,09	0,09	0,07	0,08	0,13	0,38	0,59	0,85	<b>17</b>				
10	0,07	0,07	0,06	0,10	0,16	0,43	0,47	0,65	0,77	<b>14</b>			
11	0,14	0,16	0,13	0,24	0,40	0,18	0,20	0,22	0,27	0,37	<b>13</b>		
12	0,05	0,05	0,04	0,04	0,07	0,24	0,36	0,52	0,64	0,64	0,29	<b>8</b>	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>

Примечание. По диагонали указано количество видов для каждого из морей. Снизу от диагонали приведены коэффициенты сходства Серенсена – Чекановского

Note. The diagonal shows the number of species for each of the seas. The coefficients of the Sorensen – Chekanovsky similarity are shown from the bottom of the diagonal



Рис. 2. Дендрограмма видового сходства фаун морских звезд по коэффициенту Серенсена – Чекановского

Fig. 2. Dendrogram of the species similarity of starfish faunae according to Serensen – Chekanovsky

Что касается дальневосточных морей, то здесь можно выделить две группы: 1) Берингово море, 2) Японское и Охотское моря.

Проведенный анализ показал довольно высокое сходство между фаунами морских звезд Чукотского и Берингова морей (коэффициент Серенсена – Чекановского равен 0,40), что, вероятно, объясняется вселением некоторых видов морских звезд из Берингова моря в Чукотское.

Расчетные значения насыщенности видового состава и родового коэффициента (табл. 3) указывают на то, что в российских арктических морях на видовом уровне преобладают аллохтонные тенденции формирования фауны (отрицательные на-

сыщенности видового состава, низкие значения родового коэффициента). Фауну дальневосточных российских морей определяют преимущественно автохтонные (аборигенные) виды. В Черном море встречен один автохтонный вид морских звезд *Marthasterias glacialis* (Linnaeus, 1758), «вселенец» из Средиземного моря.

В дальневосточных морях наибольшее разнообразие наблюдается в Охотском море, наименьшее – в Беринговом (табл. 3). В Арктике наименьшее родовое и видовое разнообразие наблюдается в Белом море и Центральном полярном бассейне, наибольшее – в Баренцевом море, а далее в восточном направлении вплоть до Чукотского моря плавно уменьшается.

Таблица 3. Таксономическая структура фауны морских звезд в исследуемых районах

Table3. Taxonomic structure of the starfish fauna in the analysis areas

Таксоны и показатели	Японское море	Юго-Восточный Сахалин, Южные Курилы	Охотское море	Северные и Средние Курилы, Командорские о-ва	Берингово море	Белое море	Баренцево море	Карское море	Море Лаптевых	Восточно-Сибирское море	Чукотское море	Центральный полярный бассейн
Отряды	6	6	7	7	7	4	6	6	6	6	5	5
Семейства	11	12	15	13	13	5	12	10	9	7	5	6
Роды	22	27	33	30	26	7	24	17	13	11	10	8
Виды	70	76	92	88	47	9	37	23	17	14	13	8
Ожидаемое количество родов	28,7	32,2	39,6	36,6	27,7	7,3	23,7	17,1	13,7	11,4	9,7	7,9
Ожидаемое количество видов	49,6	56,9	71,9	65,6	46,5	9,8	39,0	26,3	20,1	16,2	13,6	10,5
Насыщенность родового состава	-0,30	-0,19	-0,2	-0,22	-0,07	-0,04	0,01	-0,01	-0,05	-0,04	0,03	0,01
Насыщенность видового состава	0,29	0,25	0,22	0,25	0,01	-0,09	-0,05	-0,14	-0,18	-0,16	-0,05	-0,31
Родовой коэффициент	3,18	2,81	2,79	2,93	1,81	1,29	1,54	1,35	1,31	1,27	1,3	1,0

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках госзадания по теме: «Таксономия, биоразнообразие и экология беспозвоночных российских и сопредельных вод Мирового океана, континентальных водоемов и увлажненных территорий». Номер темы: 122031100275-4.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают искреннюю благодарность А.В. Смирнову (Зоологический институт РАН) за помощь в определении видов.

## ЛИТЕРАТУРА

- Анисимова Н.А. 2000. Иголокожие (Echinodermata) Баренцева моря. В кн. Современный бентос Баренцева и Карского морей. Мурманск: Апатиты. С. 228–346.
- Баранова З.И. 1957. Иголокожие Берингова моря. *Исследования дальневосточных морей СССР*. Вып. 4. С. 149–266.
- Баранова З.И. 1962. Иголокожие Курильских островов. *Исследования дальневосточных морей СССР*. Вып. 8. С. 347–363.
- Баранова З.И. 1964. Иголокожие (Echinodermata), собранные экспедицией на л/р «Ф. Литке» в 1955 г. Москва – Ленинград: Транспорт. Т. 259. С. 355–372.
- Баранова З.И. 1971. Иголокожие залива Посьета Японского моря. В сб. Фауна и флора залива Посьета Японского моря. Ленинград: Наука. С. 242–264. (Исследования фауны морей. Вып. 8 (16)).
- Баранова З.И. 1976. Тип иглокожие (Echinodermata). Животные и растения залива Петра Великого. Ленинград: Наука. Р. 114–120.
- Баранова З.И., Савельева Т.С. 1972. Тип иглокожие – Echinodermata. Определитель фауны Черного и Азовского морей. В 3-х томах. Киев: Наукова думка. Т. 3. С. 271–291.
- Бажин А.Г. 1987. К фауне иглокожих Авачинской губы. В сб. Исследования иглокожих дальневосточных морей. Владивосток: ДВО АН СССР. С. 5–20.
- Голиков А.Н. 1976. О количественных закономерностях процесса дивергенции. Гидробиологические исследования самоочищения водоёмов. Ленинград. С. 90–96.
- Голиков А.Н., Скарлато О.А. 1971. Некоторые вопросы систематики и экологии морских моллюсков и перспективы их изучения. В кн. Моллюски. Пути, методы и итоги их изучения. Ленинград: Наука. С. 24–27.
- Дьяконов А.М. 1926. Иголокожие Баренцева, Карского и Белого морей. *Труды Ленинградского общества естествоиспытателей*. Т. 61. Вып. 2. С. 98–131.
- Дьяконов А.М. 1933. Иголокожие северных морей. Ленинград: АН СССР. 166 с. (Определители по фауне СССР, изд. Зоол. ин-том АН СССР. Вып. 8).
- Дьяконов А.М. 1938. Иголокожие (Echinodermata) залива Сяуху в Японском море. *Труды гидробиологической экспедиции ЗИН АН 1934 г. на Японском море*. Вып. 2. С. 425–498.
- Дьяконов А.М. 1949. Определитель иглокожих дальневосточных морей (Берингова, Охотского и Японского). *Известия ТИНРО*. Т. 30. 130 с.
- Дьяконов А.М. 1950. Морские звёзды морей СССР. Москва – Ленинград: АН СССР. 202 с.
- Дьяконов А.М. 1952а. Иголокожие (Echinodermata) Чукотского моря и Берингова пролива. В кн. Крайний северо-восток Союза ССР. Т. 2. Фауна и флора Чукотского моря. Ленинград: АН СССР. С. 286–310.

- Дьяконов А.М. 1952б. Иголокожие абиссальных глубин прикамчатских вод. *Исследования дальневосточных морей СССР*. Vol. 3. С. 116–130.
- Дьяконов А.М. 1955. Тип Echinodermata – Иголокожие. В кн. Атлас беспозвоночных дальневосточных морей СССР. Москва – Ленинград: Изд-во АН СССР. С. 203–219.
- Дьяконов А.М. 1958. Новости фауны иглокожих (Echinodermata) юго-западного побережья Сахалина по сборам экспедиции Зоологического института Академии наук СССР в 1946 году. *Исследования дальневосточных морей СССР*. Вып. 5. С. 260–270.
- Кусакин О.Г., Иванова М.Б., Цурпало А.П. и др. 1997. Список видов животных, растений и грибов литорали дальневосточных морей России. Владивосток: Дальнаука. 168 с.
- Малышев Л.И., Байков К.С., Доронькин В.М. 2000. Флористическое деление Азиатской России на основе количественных признаков. *Krylovia*. Вып. 2 (1). С. 3–16.
- Смирнов А.В. 2001. Список видов свободноживущих беспозвоночных евразийских морей и прилежащих глубоководных частей Арктики. *Исследования фауны морей*. Санкт-Петербург: ЗИН РАН. Т. 51. Вып. 59. С. 123–124.
- Смирнов А.В. 2013. Список видов свободноживущих беспозвоночных дальневосточных морей России. *Исследования фауны морей*. Санкт-Петербург: ЗИН РАН, Т. 75. Вып. 83. С. 191–195.
- Смирнов А.В., Панина Е.Г., Степанов В.Г. 2022. Морские звёзды (Echinodermata: Asterozoa) северо-западной части Берингова моря, собранные экспедицией ТИНРО-центра на судне НИС «ТИНРО» в июле – августе 2008 года. *Вестник Камчатского государственного технического университета*. Вып. 62. С. 49–73.
- Смирнов А.В., Смирнов И.С. 1990. Иголокожие моря Лаптевых. В сб. Экосистемы Новосибирского мелководья и фауна моря Лаптевых и сопредельных вод Арктического океана. Ленинград: Наука. С. 411–462. (Исследование фауны морей Т. 37 (45)).
- Смирнов А.В., Смирнов И.С. 2009. Экосистемы и биоресурсы Чукотского моря. *Исследования фауны морей*. Санкт-Петербург: ЗИН РАН. Т. 64. Вып. 72. С. 154–199.
- Стратаненко Е.А. 2021. Биоразнообразие и структурно-функциональная значимость офиур (Ophiurozoa, Echinodermata) в морях Российской Арктики. *Диссертация ... канд. биол. наук*. Санкт-Петербург: ЗИН РАН. 191 с.
- Стратаненко Е.А., Денисенко С.Г. 2017. Биоразнообразие офиур в арктических морях России. *Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического института*. № 46. С. 194–199.
- Шорыгин А.А. 1926. Иголокожие Белого моря. *Труды Плавучего морского научного института*. Т. 2. Вып. 1. С. 3–59.
- Шорыгин А.А. 1928. Иголокожие Баренцова моря. *Труды Морского научного института*. Т. 3. Вып. 4. С. 5–107.
- Шорыгин А.А. 1948. Тип Echinodermata – Иголокожие. В кн. Определитель фауны и флоры северных морей СССР. Москва: Советская наука. С. 469–495.
- Явнов С.В. 2010. Атлас морских звёзд дальневосточных морей России. Владивосток: Русский Остров. 240 с.
- Mironov A.N., Minin K.V., Dilman A.B., Smirnov I.S. 2018. Deep-sea echinoderms of the Sea of Okhotsk. *Deep-Sea Research. Part II*. Vol. 154. P. 342–357.

## REFERENCES

- Anisimova N.A. 2000. Echinodermata (Echinodermata) of the Barents Sea. In: Current benthos of the Barents and the Kara seas. Murmansk: Apatity. P. 228–346 (in Russian).
- Baranova Z.I. 1957. Echinoderms of the Bering Sea. Explorations Far East seas of the USSR. Issue 4. P. 149–266 (in Russian).
- Baranova Z.I. 1962. Echinoderms of the Kuril Islands. Explorations Far East seas of the USSR. Issue 8. P. 347–363 (in Russian).
- Baranova Z.I. 1964. Echinodermata (Echinodermata), collected by an expedition on icebreaker “F. Litke” in 1955. Moscow – Leningrad: Transport Publ. Issue 259. P. 355–372 (in Russian).
- Baranova Z.I. 1971. Echinoderms of Posyet Bay, Sea of Japan. In: Fauna and flora of Posyet Bay, Sea of Japan. Leningrad: Nauka Publ. P. 242–264. (Explorations of the fauna of the seas. Issue 8 (16)) (in Russian).
- Baranova Z.I. 1976. Type echinoderms (Echinodermata). Animals and plants of the Peter the Great Bay. Leningrad: Nauka Publ. P. 114–120 (in Russian).
- Baranova Z.I., Savelyeva T.S. 1972. Phylum Echinodermata – Echinodermata. Key to the fauna of the Black and the Azov seas. In 3 volumes. Kyiv: Naukova Dumka Publ. Vol. 3. P. 271–291 (in Russian).
- Bazhin A.G. 1987. To the fauna of echinoderms of the Avacha Bay. In: Studies of echinoderms of the Far Eastern seas. Vladivostok: Far Eastern Branch of the USSR Academy of Sciences. P. 5–20 (in Russian).
- Golikov A.N. 1976. On the quantitative patterns of the divergence process. In: Hydrobiological studies of self-purification of reservoirs. Leningrad: Nauka Publ. P. 90–96 (in Russian).
- Golikov A.N., Scarlato O.A. 1971. Some questions of systematics and ecology of marine mollusks and prospects for their study. In: Mollusks. Ways, methods and results of their study. Leningrad. P. 24–27 (in Russian).
- Dyakonov A.M. 1926. Echinoderms of the Barents, Kara and White seas. *Proceedings of the Leningrad Society of Naturalists*. Vol. 61. Issue. 2. P. 98–131 (in Russian).
- Dyakonov A.M. 1933. Echinoderms of the northern seas. Leningrad: USSR Academy of Sciences. 166 p. (Key guides to the fauna of the USSR, ed. Zool. Institute of the USSR Academy of Sciences. Issue 8) (in Russian).
- Dyakonov A.M. 1938. Echinodermata (Echinodermata) of the Xiahu Bay in the Sea of Japan. *Proceedings of the hydrobiological expedition of the ZIN AN 1934 on the Sea of Japan*. Issue. 2. P. 425–498 (in Russian).
- Dyakonov A.M. 1949. Key to echinoderms of the Far Eastern seas (Bering, Okhotsk and Japan). *Izvestia Tihookeanskogo nauchno-issledovatel'skogo rybohozajstvennogo tcentra (Transactions of the Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography)*. Vol. 30. 130 p. (in Russian).
- Dyakonov A.M. 1950. Starfish of the seas of the USSR. Moscow – Leningrad: USSR Academy of Sciences. 202 p. (in Russian).
- Dyakonov A.M. 1952a. Echinodermata (Echinodermata) of the Chukchi Sea and the Bering Strait. In: Extreme North-East of the USSR. Vol. 2. Fauna and flora of the Chukchi Sea. Leningrad: USSR Academy of Sciences. P. 286–310 (in Russian).
- Dyakonov A.M. 1952b. Echinoderms of the abyssal depths of Kamchatka waters. *Issledovaniya dal'nevostochnyh morej SSSR (Explorations Far East seas of the USSR)*. Vol. 3. P. 116–130 (in Russian).

- Dyakonov A.M. 1955. Phylum Echinodermata – Echinoderms. In: Atlas of invertebrates of the Far Eastern seas of the USSR. Moscow – Leningrad: Akad. Nauk SSSR Publ. P. 203–219 (in Russian).
- Dyakonov A.M. 1958. News of the fauna of echinoderms (Echinodermata) of the south-western coast of Sakhalin according to the collections of the expedition of the Zoological Institute of the USSR Academy of Sciences in 1946. *Issledovaniya dal'nevostochnyh morej SSSR (Explorations Far East seas of the USSR)*. Vol. 5. P. 260–270 (in Russian).
- Kusakin O.G., Ivanova M.B., Tsurpalo A.P. et al. 1997. List of species of animals, plants and fungi of the littoral zone of the Far Eastern seas of Russia. Vladivostok: Dalnauka Publ. 168 p. (in Russian).
- Malyshev L.I., Baykov K.S., Doronkin V.M. 2000. Floristic division of Asian Russia based on quantitative characteristics. *Krylovia*. Vol. 2 (1). P. 3–16 (in Russian).
- Smirnov A.V. 2001. List of species of free-living invertebrates of the Eurasian seas and adjacent deep-sea parts of the Arctic. *Issledovaniya fauny morej (Explorations of the Fauna of the Seas)*. St. Petersburg: ZIN RAS Publ. Vol. 51. Issue 59. P. 123–124 (in Russian).
- Smirnov A.V. 2013. List of species of free-living invertebrates in the Far Eastern seas of Russia. *Issledovaniya fauny morej (Explorations of the Fauna of the Seas)*. St. Petersburg: ZIN RAS Publ. Vol. 75. Issue 83. P. 191–195 (in Russian).
- Smirnov A.V., Panina E.G., Stepanov V.G. 2022. Starfish (Echinodermata: Asteroidea) of the north-western part of the Bering Sea collected by the TINRO-Center expedition on the vessel “TINRO” in July–August 2008. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta (Bulletin of the Kamchatka State Technical University)*. Vol. 62. P. 49–73 (in Russian).
- Smirnov A.V., Smirnov I.S. 1990. Echinoderms from the Laptev Sea. In: *Ecosystems of the New Siberian shoals and the fauna of the Laptev Sea and adjacent waters of the Arctic Ocean*. Leningrad: Nauka Publ. P. 411–462. (Exploration of the fauna of the seas. Vol. 37 (45)) (in Russian).
- Smirnov A.V., Smirnov I.S. 2009. Ecosystems and biological resources of the Chukchi sea and adjacent areas. *Issledovaniya fauny morej (Explorations of the fauna of the seas)*. St. Petersburg: ZIN RAS Publ. Vol. 64. Issue 72. P. 154–199 (in Russian).
- Stratanenko E.A. 2021. Biodiversity and structural and functional significance of brittle stars (Ophiuroidea, Echinodermata) in the seas of the Russian Arctic. *Candidacy dissertation for biological sciences*. St. Petersburg: ZIN RAS Publ. 191 p. (in Russian).
- Stratanenko E.A., Denisenko S.G. 2017. Biodiversity of brittle stars in the Arctic seas of Russia. *Uchenye zapiski Rossijskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo instituta (Scientific notes of the Russian State Hydrometeorological Institute)*. № 46. P. 194–199 (in Russian).
- Shorygin A.A. 1926. Echinoderms of the White Sea. *Trudy Plavuchego morskogo nauchnogo instituta (Proceedings of the Marine Scientific Institute)*. Vol. 2. Issue 1. P. 3–59 (in Russian).
- Shorygin A.A. 1928. Echinoderms of the Barents Sea. *Trudy Morskogo nauchnogo instituta (Proceedings of the Marine Scientific Institute)*. Vol. 3. Issue 4. P. 5–107 (in Russian).
- Shorygin A.A. 1948. Type Echinodermata – Echinoderms. In: Key to the fauna and flora of the northern seas of the USSR. Moscow: Soviet Science Publ. P. 469–495 (in Russian).

Yavnov S.V. 2010. Atlas of starfish of the Far Eastern seas of Russia. Vladivostok: Russian Island Publ. 240 p. (in Russian).

Mironov A.N., Minin K.V., Dilman A.B., Smirnov I.S. 2018. Deep-sea echinoderms of the Sea of Okhotsk. *Deep-Sea Research. Part II*. Vol. 154. P. 342–357.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Степанов Вадим Георгиевич** – Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН; 683000, Россия, Петропавловск-Камчатский; кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории гидробиологии; [vgstepanov@inbox.ru](mailto:vgstepanov@inbox.ru). SPIN-код: 7334-3703, Author ID: 214458.

**Stepanov Vadim Georgievich** – Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS; 683000, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky; Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of Hydrobiology Laboratory; [vgstepanov@inbox.ru](mailto:vgstepanov@inbox.ru). SPIN-code: 7334-3703, Author ID: 214458.

**Панина Елена Григорьевна** – Зоологический институт РАН; 199034, Россия, Санкт-Петербург; кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории морских исследований; [Elena.Panina@zin.ru](mailto:Elena.Panina@zin.ru). SPIN-код: 5207-4420, Author ID: 949482; ORCID: 0000-0003-1223-6507.

**Panina Elena Grigorievna** – Zoological Institute of Russian Academy of Sciences; 199034, Russia, St. Petersburg; Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher of Marine Research Laboratory; [Elena.Panina@zin.ru](mailto:Elena.Panina@zin.ru). SPIN-code: 5207-4420, Author ID: 949482; ORCID: 0000-0003-1223-6507.

Статья поступила в редакцию 27.03.2024; одобрена после рецензирования 09.09.2024; статья принята к публикации: 10.09.2024.

The article was submitted 27.03.2024; approved after reviewing 09.09.2024; accepted for publication 10.09.2024.



Научная статья

УДК [635.926+581.526.323](262.81)

DOI: 10.17217/2079-0333-2024-69-80-95

## ВОДНЫЕ РАСТЕНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ КАСПИЙСКОГО МОРЯ И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Аппазова А.Р.<sup>1</sup>, Харченко Н.Н.<sup>1</sup>, Шамсудинов Ж.М.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КаспНИРХ), г. Астрахань, ул. Савушкина, 1.

<sup>2</sup> Западно-Каспийский отдел Волжско-Каспийского филиала Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КаспНИРХ), Республика Дагестан, г. Махачкала, ул. Абубакарова, 104.

Морские травы семейства *Zosteraceae* – ценный биологический ресурс и сырье, используемое для производства зостерина – полисахарида пектиновой природы с начала 40-х гг. XX века. В настоящее время объемы запасов зостеры на Каспии изучены недостаточно, остаются неизвестными места массового произрастания зостеры, а также места массового скопления штормовых выбросов зостеры, образующихся после сезонных штормовых ветров. Приведенные в статье результаты исследования посвящены определению видового состава водной растительности прибрежной зоны Каспийского моря, а также проблеме сбора и заготовки штормовых выбросов морской травы *Nanozostera noltei*. Исследовано побережье Каспийского моря протяженностью около 150 км от Аграханского залива до г. Избербаша. Обнаружены доминантные виды водных растений: *Ruppia maritima*, *Ceratophyllum demersum*, *Laurencia caspica*, *Cladophora*, штормовые выбросы *N. noltei*. Разработана технологическая инструкция по сбору и заготовке сушеной морской травы семейства *Zosteraceae*. Выявлено, что особый практический интерес представляют нанозостера и лауренсия.

**Ключевые слова:** высшие водные растения, красные водоросли, лауренсия, нанозостера, полисахариды, Северный Каспий, фитобентос.

Original article

## THE CASPIAN SEA COASTAL WATER PLANTS AND THEIR PRACTICAL APPLICATION

Appazova A.R.<sup>1</sup>, Kharchenko N.N.<sup>1</sup>, Shamsudinov Zh.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Volga-Caspian Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (CaspNIRKH), Astrakhan, Savushkina Str. 1.

<sup>2</sup> West Caspian Department of the Volga-Caspian Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (CaspNIRKH), Republic of Dagestan, Makhachkala, Abubakarov Str. 104.

Seagrasses of the *Zosteraceae* family are a valuable biological resource and raw material used for the production of zosterol, a polysaccharide of pectic nature, since the early 40-s of the XX century. Currently, the volumes of *Zostera* reserves in the Caspian Sea have not been sufficiently studied. The places of mass growth of *Zostera*, as well as the places of mass accumulation of storm emissions of *Zostera* formed after seasonal

storm winds, remain unknown. The presented research results are devoted to determining the species composition of aquatic vegetation in the coastal zone of the Caspian Sea, as well as the problem of collecting and storing storm emissions of the sea grass *Nanozostera noltei*. The coast of the Caspian Sea with a length of about 150 km from the Agrakhan Bay to the city of Izberbash was explored. Dominant species of aquatic plants were found: *Ruppia maritima*, *Ceratophyllum demersum*, *Laurencia caspica*, *Cladophora*, storm surges of *N. noltei*. Technological instructions for the collection and preparation of dried sea grass of the Zosteraceae family have been developed. It was revealed that *Nanozostera* and *Laurencia* are of particular practical interest.

**Key words:** higher water plants, red algae, *Laurencia*, *nanozoster*, polysaccharides, Northern Caspian Sea, phytobenthos.

## ВВЕДЕНИЕ

Фитобентос прибрежной зоны Каспийского моря представляют красные водоросли рода *Laurencia*, зеленые нитчатые водоросли рода *Cladophora*, цветковые растения – зостера, руппия, роголистник, рдесты и другие водные растения.

Морские травы семейства Zosteraceae, имеющие практическое значение для различных сфер производства, в акваториях России представлены четырьмя видами макрофитов: *Zostera asiatica* Miki (1932), *Zostera japonica* Aschand Graebn (1907), *Zostera marina* L. (1753) и *Nanozostera noltei* (Hornem.) Toml. And Posl. (2001). Все они включены в правила рыболовства рыбохозяйственных бассейнов как объект добычи [Приказ Министерства сельского хозяйства РФ № 1, № 285, № 292].

Каспийское море характеризуется распространением вида *N. noltei* (другие названия вида: *Zostera noltei* Hornemann (1832), *Zostera nana* Roth (1827), зостера малая, зостера карликовая, камка, взморник). Единственная в истории оценка запасов *N. noltei* на Северном Каспии была произведена в первой половине XX в. (примерно в 1940-е гг.) и составила 700 тыс. т. [Киреева, 1965]. Точных оценок запасов *N. noltei* в Каспийском море к настоящему времени нет. Возможно использование штормовых выбросов, представляющих собой полноценное сырье для производст-

ва полисахаридов. Практика сбора штормовых выбросов морской травы зостеры на Каспии и производства полисахаридов на сегодняшний день отсутствует.

По литературным данным [Громов, 2010; Phillips et al., 1988], период развития и роста морской травы зостеры начинается в мае и продолжается до сентября. Оптимальные условия для роста и развития зостеры – соленость в диапазоне 8–15‰ (по данным Громова, от 4,2‰), температура воды – 15–25°C, глубина – 0,5–5 м [Wortmann et al., 1998].

Теоретические аспекты сбора и заготовки штормовых выбросов морских трав указывают на то, что в условиях отсутствия сколько-нибудь серьезного промысла *N. Noltei* на Каспии начинать заготовку необходимо именно со штормовых выбросов. Морская трава, выброшенная на берег во время штормов, состоит из комков и жгутов, образованных спутанными листьями; она сильно загрязнена песком, илом, раковинами моллюсков. Все эти примеси способствуют ухудшению качества сушеной травы, в результате чего листья становятся бурными, теряют прочность и эластичность. Поэтому при заготовке морской травы из штормовых выбросов необходимо распутывать жгуты, скатавшиеся из травинки, и освобождать от посторонних примесей. Следует распутывать жгуты до того, как трава обсохнет и станет ломкой, а затем промывать и высушивать.

Из литературных источников [Подкорытова, 2005] известно, что для получения прочной и устойчивой в хранении травы ее перед сушкой нужно промывать в пресной воде. Промывка в пресной воде способствует удалению из травы избытка водорастворимых солей, что предотвращает порчу ее под действием морских целлюлозоразрушающих микроорганизмов и повышает устойчивость в хранении сухой травы благодаря снижению ее гигроскопичности [Подкорытова, 2005]. Поэтому места сбора и заготовки штормовых выбросов *N. noltei* нужно ориентировать преимущественно с учетом наличия доступа к пресным водоемам.

Траву консервируют методом высушивания на воздухе или комбинируя естественный и искусственный способы. При искусственной сушке сырую траву высушивают в сушилках с принудительной циркуляцией воздуха температурой не более 40–45°C. Естественная сушка осуществляется на площадках с твердым покрытием (камни, крупная галька и др.), при этом траву раскладывают слоем от 10 до 15 см шириной не более 0,9 м параллельными валками с интервалом в 1 м. По мере подсыхания травы в поверхностных слоях ее переворачивают вилами, перекладывая в проходы. В солнечную ветреную погоду через 30–36 ч промытая в пресной воде трава содержит 15–20% остаточной влаги. Для ускорения сушки травы можно предусмотреть циркуляцию воздуха сквозь разложенные слои. Благодаря хорошему проветриванию трава высыхает очень быстро [Кардакова, Кизеветтер, 1953].

Другим перспективным объектом промысла в Каспийском море являются красные водоросли рода *Laurencia*. Они встречаются повсеместно на заиленных грунтах в сообществах с большим или меньшим количеством других видов водорослей,

очень часто они встречаются в сообществах с зелеными нитчатыми водорослями. При заготовке красных водорослей возможны также активный лов и сбор штормовых выбросов. Для особо ценных видов, являющихся сырьем для выработки гидроколлоидов, практикуют марикультуру. Красные водоросли широко используют в хозяйственной деятельности человека и в быту [Подкорытова, 2005].

Многие виды морских водных растений – роголистник, рдесты, зеленые водоросли, руппия – используются человеком в качестве корма сельскохозяйственным животным, для внесения в почву в виде удобрений. Их питательную ценность сравнивают с питательностью лучшего лугового сена [Мукатова и др., 2005].

В последние годы одним из приоритетных направлений развития рыбохозяйственной отрасли является использование новых сырьевых источников, к которым в числе прочих относятся водные растения. Так, многие виды водных растений Каспийского моря можно отнести к недоиспользуемым видам ценного отечественного сырья. Из всех вышеперечисленных представителей каспийского фитобентоса особый интерес представляют морская трава зостера и красная водоросль лауренсия.

*N. noltei* содержит сложные углеводы, ценные природные пигменты и другие компоненты, которые представляют значительный интерес для перерабатывающей промышленности [Мукатова и др., 2013, 2018; Салиева, 2007]. Внимание российских и зарубежных ученых привлекает уникальный природный полисахарид пектиновой природы – зостерин, содержащийся в травах семейства *Zosteraceae*. Зостерин обладает ценными физико-химическими свойствами: способностью сильно набухать, образовывать вязкие коллоидные золи и прочные гели, что обуславливает

его применение в различных областях промышленности – пищевой, фармацевтической, косметической.

В Санкт-Петербурге с 2010 г. налажено промышленное получение зостерина из *Z. marina* [Технологический регламент..., 2005]. В Приморском крае находится компания ООО «Пекта», также занимающаяся переработкой морской травы зостеры с получением пектина зостерина с 2012 г. Препарат «Зостерин-Ультра» с успехом применяется для лечения заболеваний желудочно-кишечного тракта, печени, язвенной болезни, гепатитов А, В, С, аллергических реакций, гриппа (профилактика и лечение) и многих других болезней человека. Отмечен также положительный эффект применения препаратов на основе зостерина в ветеринарии [Кузьмин и др., 2014; Лайшев и др., 2014].

Химический состав красных водорослей представлен минеральными, азотистыми веществами, полисахаридами, каротиноидами и другими природными соединениями. Гелеобразующие полисахариды красных водорослей применяются в пищевой, медицинской, микробиологической отраслях промышленности. Их особенности строения и физико-химические свойства определяют широкий спектр их использования в качестве традиционных гелеобразователей, загустителей, стабилизаторов структуры пищевых продуктов.

Исходя из вышеизложенного, авторами настоящей работы был исследован видовой состав водной растительности прибрежной зоны Каспийского моря с целью выявления наиболее перспективных видов для получения полисахаридов. Кроме того, ввиду отсутствия практики заготовки морской травы зостеры на Каспии необходимо разработать схему первичной обработки высших водных растений для последующего их хранения.

## Таксономия

Стоит уделить внимание определению видовой принадлежности и наименованию видов и родов трав семейства Zosteraceae. Исторически сложившаяся ситуация не дает однозначного ответа на вопрос, как называется вид зостеры, произрастающий в Каспийском море. Мы принимали во внимание пять крупных баз данных, доступных в РФ: AlgaeBase, Royal Botanic Gardens Kew – Plants of the World online, Global Biodiversity Information Facility.

Если обращаться к базе данных AlgaeBase, семейство Zosteraceae объединяет четыре рода [<https://www.algaebase.org/browse/taxonomy/#5012>]: *Heterozostera*, *Nanozostera*, *Phyllospadix* и *Zostera*. К роду *Zostera* отнесено пять видов трав, а к роду *Nanozostera* – семь видов, в том числе *N. noltei* (Hornem.) Toml. and Posl. (2001) [[https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species\\_id=136629](https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=136629)] – с синонимами\* *Z. noltei* Hornemann (1832) и *Z. nana* Roth (1827). Причем именно в Каспийском море был зарегистрирован вид *Z. noltei* Hornemann [Hartog, 1970].

Согласно данным Royal Botanic Gardens Kew – Plants of the World online семейство Zosteraceae [<https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:30103742-2>] включает лишь два рода: *Phyllospadix* и *Zostera*. При этом род *Zostera* имеет синонимы – *Alga* Tourn. ex Lam. (1779), *Heterozostera* (Setch.) Hartog (1970), *Nanozostera* Toml. and Posl. (2001) – и включает 15 видов, в числе которых *Z. noltei* Hornem. (1832). Вид *Z. noltei* в свою очередь имеет 11 синонимов, среди которых: *N. noltei* (Hornem.) Toml. and Posl. (2001), *Z. nana* Roth (1827), *Z. nana* var. *latifolia* Harmsen (1936) и др.

\* Здесь и далее по тексту под синонимом подразумевается синоним в биологической таксономии – два или более названий, относящихся к одному и тому же биологическому таксону.

Распространение вида *Z. noltei* отмечено на Северном Кавказе и Юге Европейской России [<https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:603626-1>].

По данным сайта Global Biodiversity Information Facility классификация семейства Zosteraceae включает четыре рода: *Archaeozostera* Koriba and Miki (1931), *Phyllospadix* Hook. (1838), *Zoster* St.-Lag. (1881), *Zostera* L. (1753) [<https://www.gbif.org/ru/species/3725/treatments>]. Вид *Z. noltii* Hornem. (1832) имеет 15 синонимов (в числе прочих *N. noltii* (Hornem.) Toml. and Posl. (2001), *Z. nana* Roth (1827) и *Z. nana* var. *Latifolia* Harmsen (1936)) и вместе с другими 18 видами отнесен к роду *Zostera* L. [<https://www.gbif.org/ru/species/2863938/treatments>]. Здесь стоит обратить внимание на наименование «*noltii*». Согласно Международному кодексу ботанической номенклатуры [Turland et al., 2018] при образовании эпитета от фамилии, оканчивающейся на гласную, к фамилии добавляется латинское окончание родительного падежа соответствующего рода. Вид назван в честь немецкого ботаника Э.Ф. Нольте, то есть к Nolte (муж.) добавляется -i. Таким образом, в название «*noltii*» допущена орфографическая ошибка. Такая же ошибка присутствует в статье П.Б. Томлинсона и У. Послужного [Tomlinson, Posluzny, 2001].

На веб-сайте научно-популярного сообщества iNaturalist представлены наблюдения исследователей в разных частях света. Так, в Каспийском море отмечено местонахождение вида *Z. marina* на побережье Азербайджана в мае 2024 г. [<https://www.inaturalist.org/observations/220224736>]. Это наблюдение вызывает сомнения, поскольку в 1970 г. Хартог в своей работе «The sea-grasses of the world» [Hartog, 1970] описывал исторически сложившийся факт отсутствия вида *Z. marina* в Каспийском море и наличие там *Z. noltei*.

Анализируя представленную выше информацию, можно сделать вывод, что в номенклатурных классификациях родов и видов трав семейства Zosteraceae наблюдаются расхождения не только в количестве родов (по разным источникам семейство объединяет от двух до четырех родов трав), но и в их названии. В своих исследованиях мы опирались на наиболее современные на сегодняшний день исследования Томлинсона и Послужного [Tomlinson, Posluzny, 2001], предложивших повышение *Nanozostera* из субродового ранга до родового ранга. Это предложение основано на морфологии, таксономии, физиологии, генетике и др. аспектах изучения трав семейства Zosteraceae. Изменения в классификации родов также подтверждены и приняты специалистами по видам морских водных растений Вашингтонского и Нью-Гэмпширского университетов [Brooke, Frederick, 2023].

Таким образом, объектом наших исследований являлись морские травы семейства Zosteraceae рода *Nanozostera*, вида *Nanozostera noltei*.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выезды в прибрежные районы Каспийского моря осуществлялись в августе 2023 г. Исследована береговая линия, протяженностью более 150 км. Маршрут исследования пролегал вдоль побережья по направлению с севера на юг, начиная от Аграханского залива до городского пляжа г. Избербаша (рис. 1), посредством наземного транспорта. Объектом исследования являлись водные растения Каспийского моря, а также штормовые выбросы морской травы *N. noltei*. Сбор штормовых выбросов *N. noltei* производили ручным способом.

Данные по температуре воды, солёности, направлению и скорости ветра были получены общепринятыми методами

[РД 52.24.496-2018, РД 52.10.243-92, ГОСТ Р ИСО 16622-2009].

Выход сушеной травы определяли по разности травы до сушки и после сушки, отнесенной к массе травы до сушки. Выход очищенной от примесей травы определяли по разности травы до и после отделения механических примесей, отнесенной к массе не очищенной от примесей травы.

Количественное определение пектиновых и пектовых кислот и их солей производили кальций-пектатным методом, основанном на осаждении пектовых кислот в виде кальциевых солей [Донченко, 2000].

Сбор и анализ обзорно-аналитических и ретроспективных данных проводили с использованием поисково-информационных и библиотечных баз.

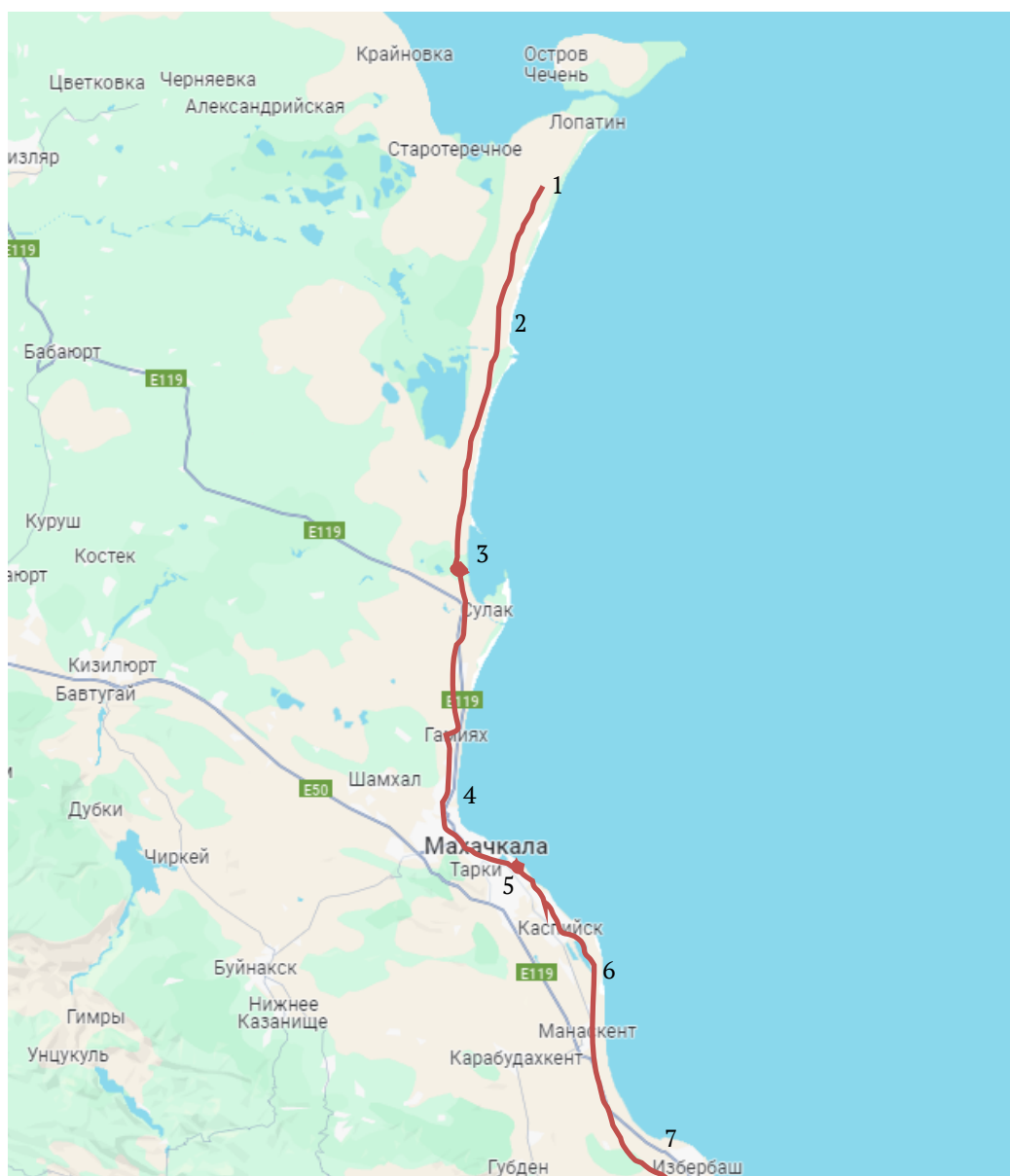


Рис. 1. Карта-схема исследуемого побережья Каспийского моря с точками отбора проб водных растений: 1, 2 – южная часть Аграханского залива, 3 – прибрежная часть бухты Сулак, 4 – городской пляж г. Махачкалы, 5 – база «Белый медведь», 6 – база «Бригантина», с. Зеленоморское, 7 – городской пляж г. Избербаша

Fig. 1. Schematic map of the studied coast of the Caspian Sea with sampling points for aquatic plants: 1, 2 – southern part of Agrakhan Bay, 3 – coastal part of Sulak Bay, 4 – city beach of Makhachkala, 5 – “Polar Bear” recreation base, 6 – “Brigantina” recreation base, Village Zelenomorskoye, 7 – city beach of Izberbash

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования были начаты с прибрежной части бухты Сулак (рис. 1, точка 3). Акватория характеризовалась мелководьем, протяженностью от 600 м до 2 км, грунт – мягкий илистый с песком, соленость воды 2–4‰, температура воды составила 25–26°C. Растительный мир представлен повсеместно произрастающим доминантным видом – *Ruppia maritima* Linnaeus (1753) (рис. 2).

Далее маршрут исследований продвигался к Южной части Аграханского залива, отделенной от Каспийского моря Аграханским полуостровом (рис. 1, точки 1 и 2). Водоем подпитывается пресными водами реки Терек, кроме того, в залив сбрасываются воды каналов и коллекторов имени Дзержинского, Тальма и др., поэтому соленость вод в исследуемых частях акватории достигала от 0,5 до 2‰. Температура

воды составляла 24°C, глубина 2–4 м. Водная растительность характеризовалась бурным развитием роголистника темно-зеленого (*Ceratophyllum demersum* L., 1753) и рдестов (рис. 3).

Штормовые выбросы зостеры были обнаружены на побережье городского пляжа г. Махачкалы (рис. 1, точка 4). По направлению с севера на юг, от Махачкалы в сторону с. Зеленоморского (рис. 1, точка 6), количество штормовых выбросов становилось заметно меньше.

На побережье близ оздоровительного комплекса «Белый медведь», к югу от городского пляжа г. Махачкалы (рис. 1, точка 5), обнаружена узкая полоса мелких частей листьев зостеры по всей кромке берега. Еще более южные направления исследований – база «Бригантина», с. Зеленоморское (рис. 1, точка 6) – характеризовались незначительными количествами штормовых выбросов.



а



б

Рис. 2. Внешний вид водного растения руппия маритима (лат. *Ruppia maritima*), произрастающей в мелководной зоне бухты Сулак (а). Мелководье бухты Сулак (б)

Fig. 2. Appearance of the aquatic plant *Ruppia maritima*, growing in the shallow zone of Sulak Bay (a). Shallow waters of Sulak Bay (б)



Рис. 3. Водные растения Южного Аграхана роголистник темно-зеленый (*Ceratophyllum demersum*)

Fig. 3. Aquatic plants of Southern Agrakhan dark green hornwort (*Ceratophyllum demersum*)

Температура воды в районе обнаружения штормовых выбросов морской травы zostеры составляла 24°C, температура воздуха – 27°C, ветер ЮВ 8,5 м/с. Учитывая направление и скорость ветра в период проведения исследований, можно предположить, что штормовой выброс *N. noltei* произведен со стороны акваторий, расположенных восточнее о. Чечень и Аграханского полуострова в юго-восточном направлении в радиусе от пляжа г. Махачкалы (наибольшее количество выбросов) до с. Зеленоморского (следовые количества штормовых выбросов). Соответственно, последующие мониторинговые работы необходимо осуществлять на указанных территориях восточнее Аграханского полуострова с учетом грунтов, характерных для *N. noltei* (песчано-ракушечные), оптимальной для развития трав солености воды (порядка 8–10‰) и глубины (хорошо прогретое мелководье, 0,5–4,0 м). При этом необходимо использование водного транспорта.

На пляже г. Избербаша (см. рис. 1, точка 7) следов штормовых выбросов не обнаружено. Грунт – каменисто-песчаный, температура воды 23–24°C, температура воздуха 27°C. По направлению к морю в 300 м от берега на каменистых выступах произрастают сообщества красной водоросли лауренсии каспийской и кладофоры (рис. 4).

Красные морские водоросли – это незаменимый сырьевой источник природных гелеобразующих веществ, загустителей и стабилизаторов различных систем. Наиболее ценными считаются виды красных водорослей, из которых получают агары и каррагинаны. С этой точки зрения красная морская водоросль *Laurencia caspica* A.D. Zinova and Zaberzhinskaya (1968) является неизученным биологическим ресурсом, оценка ее запасов на Каспии не производилась. Особый интерес вызывают исследования по возможности использования лауренсии каспийской в качестве сырья для промышленной переработки.





а

б

Рис. 4. Водоросли Каспийского моря: а – *Laurencia caspica*, б – *Cladophora*

Fig. 4. Algae of the Caspian Sea: а – *Laurencia caspica*, б – *Cladophora*

Таким образом, на основании проведенных исследований прибрежной полосы западной части Каспийского моря рекомендуется производить поисково-мониторинговые работы растущей *N. noltei* в восточной части Аграханского полуострова на водном транспорте. Начинать поиски растущей *N. noltei* необходимо в мае – июне. Наиболее рациональным способом консервации морских трав на Каспии в период с мая по сентябрь является естественная сушка.

Исходя из вышеописанных литературных данных по сбору и заготовке морских трав, а также основываясь на практическом опыте в прибрежных зонах Каспийского моря, разработан способ целенаправленной первичной обработки и заготовки штормовых выбросов *N. noltei*, включающий встряхивание травы, промывание в воде и естественную сушку (рис. 5). Проект первой редакции технологической инструкции по сбору и заготовке морской травы сушеной, предусматривающий порядок добычи (вылова), сбора и заготовки сушеной морской травы семейства *Zosteraceae*, согласован на заседании технического комитета по стандартизации «Рыбные продукты пищевые, кормовые,

технические и упаковка» (ТК 300). Технологическая инструкция разработана в Волжско-Каспийском филиале ФГБНУ ВНИРО (КаспНИРХ).

При проведении наших исследований, штормовые выбросы морской травы *N. noltei*, изъятые из воды, были промыты в морской воде (т. к. возможность промывания в пресной воде отсутствовала), транспортированы в Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ») (г. Астрахань), разложены слоем 3–5 см и высушены на открытом воздухе в процессе естественной сушки (рис. 6). Температура воздуха при естественной сушке составляла от 17,8°C в ночное время суток до 29,8°C в дневное. С целью обеспечения естественной циркуляции воздуха слой травы необходимо раскладывать на решетках или производить перемешивание нижнего и верхнего слоев – для равномерного высушивания. Продолжительность сушки составила 4 суток. Выход сушеной травы составил 12,5% от массы влажного сырья. Высушенная трава содержала большое количество посторонних примесей (зеленые нитчатые водоросли, мелкие камни, ракушка, бытовой мусор), которые отделялись ручным способом. Выход очи-

щенной сушеной зостеры составил 34,5%. Поэтому рекомендуется сбор и заготовку штормовых выбросов производить с более чистых районов с обязательной промыв-

кой в пресной воде. Заготовленные образцы штормовых выбросов морской травы *N. noltei* подвергались дальнейшим исследованиям.

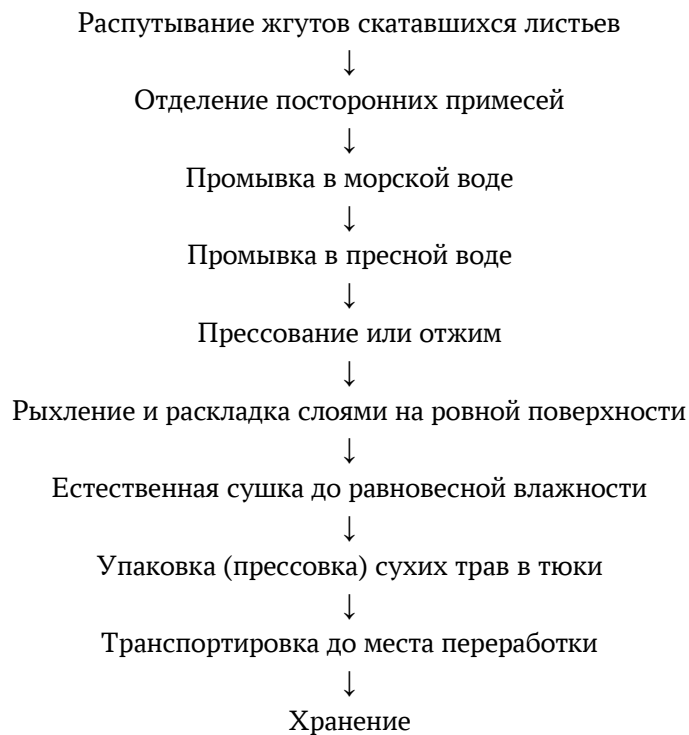


Рис. 5. Схема первичной обработки и заготовки штормовых выбросов морских трав Северного Каспия

Fig. 5. Scheme of primary processing and harvesting of storm emissions of sea grasses of the Northern Caspian Sea



Рис. 6. Высушенные в естественных условиях штормовые выбросы *N. noltei*

Fig. 6. Storm emissions of *N. noltei* dried under natural conditions

Штормовые выбросы *N. noltei* подвергались исследованию количественного определения пектиновых и пектовых кислот и их солей. По результатам проведенных исследований *N. noltei* содержит в своем составе 18,4% пектиновых веществ в пересчете на сухое вещество. Для сравнения, содержание общего пектина в пересчете на абсолютно сухое вещество тыквы по разным источникам [Донченко, Кондратенко, 1998; Азимова и др., 2022] не превышает 17%. В настоящее время существует необходимость продолжения ранее начатых исследований, в частности по получению препарата на основе zostерина из морской травы *N. noltei* Каспийского моря.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам осуществления выездов в прибрежные зоны Каспийского моря: Аграханский залив, Кизлярский залив, бух. Сулак, городской пляж в г. Махачкале, г. Каспийск, г. Избербаш, обнаружены штормовые выбросы морской травы zostеры. Эпицентр выбросов травы находился на городском пляже г. Махачкалы. Южная граница определена южнее станции Турали в районе села Зеленоморского. Учитывая силу и направление ветра в дни проведения выездов исследовательской группы (юго-восточное) и состояние штормовых выбросов, можно предположить, что zostера была сорвана штормовыми ветрами с северных акваторий, прилегающих к Кизлярскому заливу, близ островов Чечень, Яичного и Базар. Таким образом, можно сделать вывод о необходимости проведения поисковых мероприятий в указанных частях исследуемых зон в сторону моря. При этом рейсовые выезды необходимо проводить на водном транспорте. Ориентировочно местонахождение зарослей морской травы находится севернее г. Махачкалы, вблизи

заливов Аграханского и Кизлярского. Эти данные подтверждают мониторинговые исследования, ранее проведенные учеными Западно-Каспийского отдела Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «ВНИРО».

На основании проведенных исследований по поиску штормовых выбросов морской травы zostеры в прибрежной полосе западной части Каспийского моря рекомендуется начинать поиски растущей zostеры в июне, а также заготавливать штормовые выбросы с более чистых районов; места сбора преимущественно выбирать с наличием доступа к пресным водоемам.

Проведенные исследования по определению суммарного содержания пектиновых веществ в штормовых выбросах морской травы *N. noltei* свидетельствуют о наличии в составе пектинов в количестве 18,4%. Полученные данные указывают на перспективы использования морской травы zostеры для производства природного адсорбента – полисахарида zostерина.

### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственного задания Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ ВНИРО (КаспНИРХ) по теме «Разработка современных технологических решений в комплексной переработке морских водорослей и трав, произрастающих в прибрежных зонах морей Российской Федерации, с получением антимикробных, антикоагулянтных, адсорбционных, пищевых, кормовых продуктов и удобрений широкого спектра действия».

### БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы статьи выражают благодарность и.о. начальника Западно-Каспийского отдела П.С. Таибову за помощь в организации и обеспечении служебным транспор-

том для проведения полевых работ, водителю Западно-Каспийского отдела М.З. Инкомагомедову за сопровождение во время рейсовых выездов вдоль каспийского побережья, с.н.с. отдела промысловых беспозвоночных и водорослей департамента промысловых гидробионтов ВНИРО, к.б.н. Н.В. Евсеевой за помощь в идентификации водных растений Каспийского моря.

## ЛИТЕРАТУРА

- Азимова С.Т., Кафарова А.И., Берік А.Б. 2022. Сравнение тыквы и яблока как сырьевого источника для получения пектина. *Материалы международной научно-практической конференции «Продукты питания: производство, безопасность, качество»*. Уфа: Башкирский ГАУ. С. 72–75.
- Взморник морской. iNaturalist. URL: <https://www.inaturalist.org/observations/220224736> (дата обращения: 27.06.2024)
- Вид *Zostera noltii* Hornem. Глобальный информационный фонд по биоразнообразию. URL: <https://www.gbif.org/ru/species/2863938/treatments> (дата обращения: 27.06.2024)
- Громов В.В. 2010. Водная и прибрежно-водная растительность Северного Каспия: авандельта р. Волги, калмыцкое и казахское побережья. *Журнал Сибирского федерального университета. Биология*. № 3. С. 250–266.
- ГОСТ Р ИСО 16622-2009 Метеорология. Акустические анемометры-термометры. Методы приемочных испытаний при измерениях средней скорости ветра. Москва: Стандартинформ, 2010.
- Донченко Л.В. 2000. Технология пектина и пектинопродуктов. *Учебное пособие*. Москва: Дели. 255 с.
- Донченко Л.В., Кондратенко В.В. 1998. Изменение содержания питательных веществ тыквы при созревании и хранении. *Известия вузов. Пищевая технология*. № 1. С. 83–84.
- Зостера *noltii*. Королевский ботанический сад Кью – Растения мира онлайн. URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:603626-1> (дата обращения: 27.06.2024)
- Кардакова Е.Н., Кизеветтер И.В. 1953. Морские травы Дальнего Востока. Владивосток: Примор. книж. изд-во. С. 20–31.
- Киреева М.С. 1965. Растительные богатства морей Советского Союза. *Растительные ресурсы*. Т. 1. Вып. 3. С. 323–335.
- Кузьмин В.А., Виденин В.Н., Нуднов Д.А. и др. 2014. Опыт применения препаратов на основе полимера пектиновой природы для лечения коров с гнойно-некротическим поражением копыт. *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*. № 4. С. 70–73.
- Лайшев К.А., Самандас А.М., Вылко Ю.П. и др. 2014. Опыт применения препаратов на основе полимера пектиновой природы для лечения северных оленей с копытной формой некробактериоза. *Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии*. № 4. С. 73–75.
- Мукатова М.Д., Кабанин М.И., Салиева А.Р. 2013. Способ получения хлорофилла из высших водных растений. *Патент РФ RU2496813C2*.
- Мукатова М.Д., Привезенцев А.В., Киричко Н.А., Утеушев Р.Р. 2005. Водные растения Волго-Каспия и возможность их переработки. *Вестник АГТУ*. № 3 (26). С. 158–166.
- Мукатова М.Д., Утеушев Р.Р., Привезенцев А.В. и др. 2018. Инновационные технологии комплексной переработки нерыбных биоресурсов Волжско-Каспийского бассейна. *Монография*. Астрахань: Изд-во АГТУ. 192 с.

- Nanozostera noltei*. AlgaeBase. Всемирное электронное издание. Национальный университет Ирландии. Голуэй. URL: [https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species\\_id=136629](https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=136629) (дата обращения: 27.06.2024)
- Подкорытова А.В. 2005. Морские водоросли-макрофиты и травы. Москва: ВНИРО. 175 с.
- Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 9 января 2020 г. № 1 «Об утверждении правил рыболовства для Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна» (с изменениями и дополнениями).
- Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 13 мая 2021 г. № 292 «Об утверждении правил рыболовства для Северного рыбохозяйственного бассейна».
- Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 6 мая 2022 г. № 285 «Об утверждении правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна».
- РД 52.10.243-92 Руководство по химическому анализу морских вод. Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Санкт-Петербург: Гидрометеоздат, 1993.
- РД 52.24.496-2018 Методика измерений температуры, прозрачности и определение запаха воды. 8 с.
- Салиева А.Р. 2007. Напитки на основе зостерата натрия. Тезисы доклада Международного научно-практического семинара студентов и молодых ученых «Природные ресурсы Каспийского моря и устойчивое развитие прибрежных территорий». Астрахань: АГТУ. С. 28–29.
- Семейство: Zosteraceae. Браузер таксономии. AlgaeBase. Всемирное электронное издание. Национальный университет Ирландии. Голуэй. URL: <https://www.algaebase.org/browse/taxonomy/#5012> (дата обращения: 27.06.2024).
- Семейство: Zosteraceae. Королевский ботанический сад Кью – Растения мира онлайн. URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:30103742-2> (дата обращения: 27.06.2024).
- Семейство Zosteraceae. Глобальный информационный фонд по биоразнообразию. URL: <https://www.gbif.org/ru/species/3725/treatments> (дата обращения: 27.06.2024)
- Технологический регламент производства БАД «Зостерин-Ультра». 2005. Санкт-Петербург.
- Brooke K., Frederick T. 2023. Taxonomic revisions in Zosteraceae (Zostera, Nanozostera, Heterozostera and Phyllospadix). *Aquatic Botany*. Vol. 187.
- Hartog C. den. 1970. The sea-grasses of the world. *Verhandelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Afd. Natuurkunde*. Tweede reeks. 59 (1). 275 p.
- Phillips R.C., Meñez E.G., Ernani G. 1988. Seagrasses. *Smithsonian Contribution to the Marine Sciences*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press. Vol. 34. P. 1–104.
- Tomlinson P.B., Posluzny, U. 2001. Generic limits in the seagrass family Zosteraceae. *Taxon*. № 50. P. 429–437.
- Turland N.J., Wiersema J.H., Barrie F.R. et al. (eds.) 2018. International Code of Nomenclature for Algae, Fungi and Plants (Shenzhen Code), adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017. *Regnum Vegetabile* 159. Glashütten: Koeltz Botanical Books. DOI <https://doi.org/10.12705/Code.2018>.
- Wortmann J., Hearn J.W., Adams J.B. 1998. Assessing the influence of freshwater influx on the distribution of estuarine macrophytes. *Ecological modeling*. Vol. 106. P. 213–232.

## REFERENCES

- Azimova S.T., Kafarova A.I., Berik A.B. 2022. Comparison of pumpkin and apple as a raw material source for pectin. *Proceedings of the International scientific and practical conference "Food: production, safety, quality"*. Ufa: Bashkir State Agrarian University Publ. P. 72–75 (in Russian).
- Eelgrass. iNaturalist. URL: <https://www.inaturalist.org/observations/220224736> (access date: 27.06.2024) (in Russian).
- Species *Zostera noltii* Hornem. Global Biodiversity Information Facility. URL: <https://www.gbif.org/ru/species/2863938/treatments> (access date: 27.06.2024).
- Gromov V.V. 2010. Aquatic and coastal-aquatic vegetation of the Northern Caspian: the delta front of the river Volga, Kalmyk and Kazakh coasts. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo univestiteta. Biologiya (Journal of the Siberian Federal University. Biology)*. № 3. P. 250–266 (in Russian).
- GOST R ISO 16622-2009 Meteorology. 2010. Acoustic anemometers-thermometers. Acceptance test methods for measuring average wind speed. Moscow: Standartinform Publ. (in Russian).
- Donchenko L.V. 2000. Technology of pectin and pectin products. *Study guide*. M. Delhi Publ. 255 p. (in Russian).
- Donchenko L.V., Kondratenko V.V. 1998. Changes in nutrient content of pumpkin during ripening and storage. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya (News of Institution of higher education "Food Technology")*. № 1. P. 83–84 (in Russian).
- Zostera noltii*. Royal Botanic Garden Kew – Plants of the World Online. URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:603626-1> (access date: 27.06.2024).
- Kardakova E.N., Kizevetter I.V. 1953. Sea grasses of the Far East. Vladivostok. P. 20–31.
- Kireeva M.S. 1965. Plant wealth of the seas of the Soviet Union. *Rastitel'nye resursy (Vegetal Resources)*. Vol. 1. Issue. 3. P. 323–335 (in Russian).
- Kuzmin V.A., Videnin V.N., Nudnov D.A. et al. 2014. Experience in the use of drugs based on a polymer of pectin nature for the treatment of cows with purulent-necrotic lesions of the hooves. *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii (Legal Regulation in Veterinary Medicine)*. № 4. P. 70–73 (in Russian).
- Laishev K.A., Samandas A.M., Vylko Yu.P. et al. 2014. Experience in the use of drugs based on a polymer of pectin nature for the treatment of reindeer with the ungulate form of necrobacteriosis. *Voprosy normativno-pravovogo regulirovaniya v veterinarii (Legal Regulation in Veterinary Medicine)*. № 4. P. 73–75 (in Russian).
- Mukatova M.D., Kabanin M.I., Salieva A.R. 2013. Method for obtaining chlorophyll from higher aquatic plants. RU2496813C2. (in Russian).
- Mukatova M.D., Privezentsev A.V., Kirichko N.A., Uteushev R.R. 2005. Aquatic plants of the Volga-Caspian Sea and the possibility of their processing. *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo universiteta (Bulletin of Astrakhan State University)*. № 3 (26). P. 158–166. (in Russian).
- Mukatova M.D., Uteushev R.R., Privezentsev A.V. et al. 2018. Innovative technologies for complex processing of non-fish biological resources of the Volga-Caspian basin. *Monograph*. Astrakhan. ASTU Publ. 192 p. (in Russian).
- Nanozostera noltei*. AlgaeBase. World electronic publication. National University of Ireland. Galway URL: [https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species\\_id=136629](https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=136629) (access date: 27.06.2024).

- Podkorytova A.V. 2005. Macrophyte seaweeds and herbs. Moscow: VNIRO Publ. 175 p. (in Russian).
- Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated January 9, 2020 № 1 “On approval of fishing rules for the Azov-Black Sea fishery basin” (with amendments and additions) (in Russian).
- Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated May 13, 2021 № 292 “On approval of fishing rules for the Northern fishery basin” (in Russian).
- Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated May 6, 2022 № 285 “On approval of fishing rules for the Far Eastern fishery basin” (in Russian).
- RD 52.10.243-92. 1993. Guide to the chemical analysis of sea waters. Federal Service of Russia for Hydrometeorology and Environmental Monitoring. St. Petersburg. Gidrometeoizdat Publ. (in Russian).
- RD 52.24.496-2018 Methodology for measuring temperature, transparency and determining the smell of water. 8 p. (in Russian).
- Salieva A.R. 2007. Sodium zosterate based drinks. *Proceedings of the International scientific and practical seminar of students and young scientists* “Natural Resources of the Caspian Sea and Sustainable Development of Coastal Territories.” Astrakhan. ASTU Publ. P. 28–29 (in Russian).
- Family: Zosteraceae. Taxonomy Browser. AlgaeBase. World electronic publication. National University of Ireland. Galway. URL: <https://www.algaebase.org/browse/taxonomy/#5012> (access date: 27.06.2024).
- Family: Zosteraceae. Royal Botanic Garden Kew – Plants of the World Online. URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:30103742-2> (access date: 27.06.2024).
- Family Zosteraceae. Global Biodiversity Information Facility. URL: <https://www.gbif.org/ru/species/3725/treatments> (access date: 27.06.2024).
- Technological regulations for the production of dietary supplement “Zosterin-Ultra”. 2005. St. Petersburg (in Russian).
- Brooke K., Frederick T. 2023. Taxonomic revisions in Zosteraceae (Zostera, Nanozostera, Heterozostera and Phyllospadix). *Aquatic Botany*. Vol. 187.
- Hartog C. den. 1970. The sea-grasses of the world. *Verhandelingen der Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen. Afd. Natuurkunde*. Tweede reeks. 59 (1). 275 p.
- Phillips R.C., Meñez E.G., Ernani G. 1988. Seagrasses. *Smithsonian Contribution to the Marine Sciences*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press. Vol. 34. P. 1–104.
- Tomlinson P.B., Posluzny U. 2001. Generic limits in the seagrass family Zosteraceae. *Taxon*. № 50. P. 429–437.
- Turland N.J., Wiersema J.H., Barrie F.R. et al. (eds.) 2018. International Code of Nomenclature for Algae, Fungi and Plants (Shenzhen Code), adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017. *Regnum Vegetabile* 159. Glashütten: Koeltz Botanical Books. DOI <https://doi.org/10.12705/Code.2018>.
- Wortmann J., Hearn J.W., Adams J.B. 1998. Assessing the influence of freshwater influx on the distribution of estuarine macrophytes. *Ecological modeling*. Vol. 106. P. 213–232.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Аппазова Альбина Ренатовна – Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КаспНИРХ); 414056, Россия, Астрахань; кандидат

технических наук, специалист группы стандартизации и нормирования; appazovaar@kaspnirh.vniro.ru. SPIN-код: 2522-5352, Author ID: 501653; ORCID: 0009-0000-4678-2974.

**Appazova Albina Renatovna** – Volga-Caspian Branch of the All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (CaspNIRKH); 414056, Russia, Astrakhan; Candidate of Technical Sciences, Specialist of the Standardization and Regulation Group; appazovaar@kaspnirh.vniro.ru. SPIN-code: 2522-5352, Author ID: 501653; ORCID: 0009-0000-4678-2974.

**Харченко Наталья Николаевна** – Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КаспНИРХ); 414056, Россия, Астрахань; руководитель группы стандартизации и нормирования; kharchenkonn@kaspnirh.vniro.ru. SPIN-код: 6208-9267, Author ID: 1031619; ORCID: 0000-0002-1546-2801.

**Kharchenko Natalya Nikolaevna** – Volga-Caspian Branch of the All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (CaspNIRKH); 414056, Russia, Astrakhan; Head of the Standardization and Regulation Group; kharchenkonn@kaspnirh.vniro.ru. SPIN-code: 6208-9267, Author ID: 1031619; ORCID: 0000-0002-1546-2801.

**Шамсудинов Жалалудин Магомедшарипович** – Западно-Каспийский отдел Волжско-Каспийского филиала Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (КаспНИРХ); 367022, Россия, Республика Дагестан, Махачкала; заведующий сектором рыбохозяйственной экологии; shamsudinov1978@inbox.ru. SPIN-код: 8249-2994, Author ID: 1031072.

**Shamsudinov Zhalaludin Magomedsharipovich** – West Caspian Department Volga-Caspian Branch of the All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (CaspNIRH); 367022, Russia, Republic of Dagestan, Makhachkala; Head of the Fisheries Ecology Sector; shamsudinov1978@inbox.ru. SPIN-code: 8249-2994, Author ID: 1031072.

Статья поступила в редакцию 12.03.2024; одобрена после рецензирования 07.08.2024; статья принята к публикации: 10.09.2024.

The article was submitted 12.03.2024; approved after reviewing 07.08.2024; accepted for publication 10.09.2024.



Научная статья

УДК [639.211.4+597.552.51](470.26)

DOI: 10.17217/2079-0333-2024-69-96-110

**РОСТ ЕВРОПЕЙСКОЙ РЯПУШКИ (*COREGONUS ALBULA*, L.)  
ОЗЕРА ВИШТЫНЕЦКОГО (КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ)  
В ПЕРИОД 2012–2016 ГГ.**

Кривопускова Е.В., Бурбах А.С.

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

При отсутствии постоянных исследований информация об индивидуальном росте особей в ихтиоценозах становится основой для понимания эвтрофикационных процессов, происходящих в экосистемах. Так, например, европейская ряпушка остро реагирует на любые сдвиги в трофическом статусе водоемов изменениями в темпах роста. В озере Виштынецком ряпушка является промысловым видом и объектом мониторинга, что позволило накопить достаточное количество информации, необходимой для предварительной оценки стабильности экосистемы озера, основываясь на данных об индивидуальном росте особей. Ретроспективный анализ данных о росте ряпушки в период с 2012 по 2016 гг. показал, что в рассматриваемый период отсутствуют значимые межгодовые колебания, что может косвенно свидетельствовать о стабильных условиях окружающей среды. Наблюдаемые межгодовые сдвиги в размерно-возрастных характеристиках связаны с колебаниями численности пополнения.

**Ключевые слова:** европейская ряпушка, обратные расчисления роста, озеро Виштынецкое, рост.

Original article

**GROWTH RATES OF VENDACE (*COREGONUS ALBULA*, L.)  
IN THE LAKE VISHTYNETSKOYE (KALININGRAD REGION)  
DURING 2012–2016**

Krivopuskova E.V., Burbakh A.S.

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

In the absence of annual research, information about the individual growth of species in ichthyocenoses become the basis for understanding eutrophication processes occurring in ecosystems. As example, vendace sharply reacts on any shifts in the trophic status of water bodies by changes in growth rates. The vendace is a commercial species and an object of monitoring in Lake Vishtynetskoye, it made it possible to accumulate sufficient amount of information necessary for a preliminary assessment of the stability of the lake's ecosystem based on data of the individual specimen growth. Retrospective analysis of vendace growth data from 2012 to 2016 showed that during the period under review there are no significant interannual fluctuations, which may indirectly indicate stable environmental conditions. The observed interannual shifts in size and age characteristics are associated with fluctuations in recruitment abundance.

**Key words:** vendace, back-calculations of growth rates, Lake Vishtynetskoye, growth.

## ВВЕДЕНИЕ

В условиях антропогенного пресса все больше водных экосистем претерпевают значительные трансформации, особенно сильное негативное воздействие испытывают пресноводные экосистемы, которые владеют значительно меньшим потенциалом самоочищения от избыточных объемов поступающих аллохтонных соединений без изменений в экологическом статусе по сравнению с морскими [Droppers et al., 2020]. Популяции гидробионтов разным образом могут реагировать на нарушение экологического баланса в среде их обитания, но неоспорим факт, что чем выше стоит популяция в пищевой пирамиде, тем сложнее увидеть отклик на эти изменения. В то же время организмы, находящиеся на низших ступенях пищевой пирамиды, сильнее подвержены сезонным колебаниям и влиянию «природных» абиотических факторов, поэтому не всегда оценка трофического состояния водных экосистем с их использованием дает достоверный результат. Для получения достоверных данных необходим длительный и круглогодичный комплексный мониторинг, что не всегда возможно организовать из-за труднодоступности мест, дороговизны работ и высокой трудоемкости исследований. Учитывая все вышеперечисленное, в настоящее время одним из простых и достоверных методов для оценки трансформационных процессов, происходящих в экосистемах водоемов (в особенности лентических), является оценка индивидуального роста планктонофагов.

Оценка индивидуального роста рыб играет важную роль для анализа состояния популяций в условиях трансформации экосистем. Изменение скорости, с которой рыба увеличивается в размерах, является показателем, насколько стабильны условия

существования популяции и как изменения в экосистеме влияют на ее состояние. Для многих популяций рыб характерно увеличение темпов роста с повышением трофности водоема, в особенности для планктонофагов, что приводит к увеличению биомассы данного вида и положительно сказывается на его промысловой ценности. Однако ухудшение экологического статуса водоема может привести к снижению качественных и количественных показателей пополнения ввиду потери нерестилищ, ухудшения условий инкубации, увеличения пресса хищников и т. д., что в свою очередь приведет к «старению» популяции и ее дальнейшей деградации [Dawodu et al., 2015]. Особенно остро на такие изменения реагируют холоднолюбивые и короткоцикловые виды, к которым относится европейская ряпушка, *Coregonus albula* (L.).

На изменение трофического статуса, как и большинство короткоцикловых видов, европейская ряпушка в первую очередь реагирует изменениями своих размерно-весовых показателей и темпов роста. Являясь планктонофагом, европейская ряпушка при увеличении трофического статуса активно потребляет образующуюся избыточную биомассу фито- и зоопланктона, вследствие чего возрастают темпы размерно-весового роста [Czerniejewski et al., 2022; Стрельникова, Березина, 2021]. Именно такие популяции активно включаются в промысел, но в дальнейшем увеличивающиеся темпы эвтрофикации и промысловая эксплуатация без должных научных ограничений и природоохранных мер приводит к «потере» популяциями промысловых и продукционных качеств [Czerniejewski, Wawrzyniak, 2006].

Анализ структурно-биологических показателей большинства «эксплуатируемых» популяций европейской ряпушки [Elliott, Bell, 2010; Nyberg et al., 2001;

Kubiak et al., 2021; Schmidt et al., 2005] показал высокую зависимость между уловами, размерно-возрастной структурой популяции и трофическим статусом водоема, изменения которого связаны с антропогенным влиянием. Так, для олиготрофных водоемов характерны многочисленные популяции мелкоразмерных особей, в то время как в озерах, находящихся в переходном статусе между мезотрофией и эвтрофией, популяции ряпушки немногочисленны, но особи имеют значительные размеры. Важно отметить, что возрастная структура популяций, анализируемых в данных исследованиях, относительно одинакова.

Исходя из вышесказанного, исследование особенностей роста популяций европейской ряпушки в водоемах является важным аспектом оценки состояния водных экосистем при отсутствии круглогодичных наблюдений, а также влияния изменяющихся условий на саму популяцию и ее продукционные качества.

Цель данной работы – проанализировать линейный рост европейской ряпушки озера Виштынецкого на основе наблюдаемых данных и с использованием обратных расчетов и оценить стабильность условий существования популяции.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужили данные контрольных уловов, полученных в рамках комплексного экологического мониторинга оз. Виштынецкого, проводимого кафедрой водных биоресурсов и аквакультуры ФГБОУ ВО «КГТУ» в период с 2012 по 2016 гг. Научно-исследовательский лов производился с использованием ставных пелагических сетей с шагом ячеи от 10 до 20 мм. Все уловы обрабатывались по стандартным методикам [Правдин, 1966]. Для анализа исполь-

зовались данные массовых промеров (более 64 тыс. экземпляров). Получение достоверной информации обеспечивалось проведением обловов в глубоководных частях озера (районы северной и южной котловин) на различных горизонтах для учета влияния формирования «термоклина» на распределение рыбы в толще [Кривоускова, Соколов, 2018] в одинаковые временные периоды и одним набором орудий.

Для анализа структурно-биологических показателей популяции европейской ряпушки использовались промысловая длина и возраст, полученный в результате анализа регистрирующих структур (чешуи) с использованием световой микроскопии. В общей сложности возраст был определен для 1 500 особей. Скорость роста и его межгодовые изменения оценивались на основании данных, полученных в результате обратных расчетов роста рыб по радиусам годовых колец на чешуе (более 470 экз.), с использованием методики, разработанной С.В. Шibaевым [Шibaев, 2004; Шibaев, 1987].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Европейская ряпушка является ценным короткоцикловым промысловым видом в водоемах Северной и Центральной Европы. Факторы, определяющие ее ценность как объекта промысла: относительно высокие темпы роста, стаеобразование и высокие пищевые качества. Необходимо отметить, что европейская ряпушка, как и большинство короткоцикловых видов, обладает значительной фенотипической изменчивостью [Oreha, Skute, 2009; Czernejewski et al., 2022], которая является косвенным отражением условий окружающей среды, в которой она обитает. Так, исследования популяций европейской ряпушки в Республике Польша [Oreha, Skute, 2009;

Czerniejewski et al., 2022; Czerniejewski, Wawrzyniak, 2006; Kubiak et al., 2021] показали зависимость между увеличением средних размеров особей в пределах одной возрастной группы и повышением трофического статуса водоема.

Структура популяции европейской ряпушки оз. Виштынецкого вследствие короткого жизненного цикла довольно простая. Основную ее часть составляют трех- и четырехлетки, которые формируют до 90% уловов. Особи старшевозрастных групп встречаются редко, что закономерно связано с высокой естественной смертностью.

Европейская ряпушка оз. Виштынецкого растет на протяжении всей своей жизни, однако, как и в других озерах [Lehtonen et al., 2023], рост ее неравномерен. Высокие темпы роста характерны только до наступления половой зрелости, в дальнейшем темпы замедляются. В то же время темпы линейного роста ряпушки, как уже было отмечено выше, находятся в прямой зависимости от трофического статуса водоема, в котором она обитает. Чем выше трофический статус, тем выше темпы линейного роста.

В последние несколько десятилетий в оз. Виштынецком отмечается снижение в уловах средней длины европейской ряпушки [Кривоускова, Соколов, 2017; Aldushin, Shibaev, 2022]. Так, в период с 2012 по 2016 гг. основными доминирующими размерными группами были 11, 12 и 13 см, в то время как в период 1980–1990 гг. преобладали особи размерных групп 15 и 16 см. Несмотря на отмечающиеся процессы увеличения темпов эвтрофикации [Krivopuskova, Tzvetkova, 2022], в рассматриваемые годы не было обнаружено достоверных изменений в межгодовой динамике размерной структуры популяции [Кривоускова, Соколов, 2017]. Достоверных межгодовых изменений в весовых характери-

ках промысловой части популяции европейской ряпушки в данный период также не было обнаружено.

Анализ особенностей популяционных кривых линейного и весового роста европейской ряпушки, построенных на основе данных научно-исследовательских уловов, показал, что, как и у всех короткоциклового вида, данные кривые имеют схожий характер. Значимых возрастных изменений в динамике данных показателей роста в рассматриваемый период не было обнаружено [Кривоускова, Соколов, 2017].

Костные структуры рыб, такие как чешуя и отоциты, характеризуются непрерывным постоянным ростом, который в свою очередь хорошо отражает их линейный рост. Характер роста европейской ряпушки также находит свое отражение в структуре чешуи, благодаря чему ее можно использовать для оценки индивидуального роста и условий обитания в каждый конкретный год без проведения круглогодичного мониторинга. При сезонных колебаниях абиотических факторов окружающей среды изменения темпов индивидуального роста отражаются в размерах зон «медленного» и «быстрого» роста, а «годовые» условия существования в размере годовых колец. Для рассматриваемой популяции можно выделить несколько особенностей индивидуального роста, которые отражаются при росте чешуи. Так, наиболее интенсивно европейская ряпушка растет в первой половине вегетационного сезона (май – середина июля). Основными факторами, влияющими на рост, являются температура воды и обеспеченность кормом. Во время летнего прогрева водных масс на чешуе образуется зона сближения склеритов. Л.Л. Мухордова [Мухордова, 1972] отмечала замедление роста «виштынецкой» ряпушки с августа, о чем свидетельствует формирование зоны расширен-

ных склеритов, наблюдаемая у особей, выловленных в августе – сентябре. Поэтому при оценке возрастных изменений темпов роста наряду с изучением роста ряпушки на основании уловов необходимо проводить обратные расчисления роста с использованием чешуи (рис. 1).

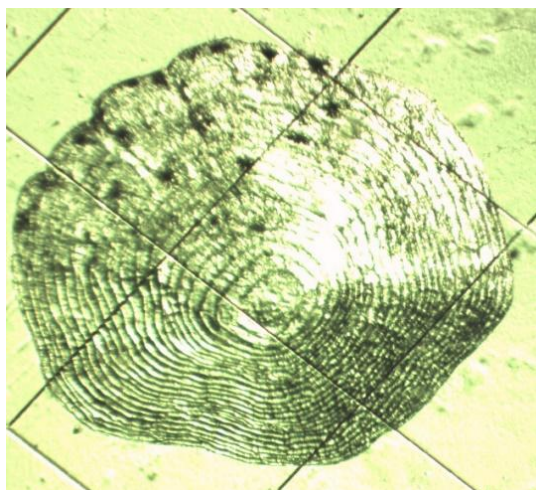


Рис. 1. Фото чешуи европейской ряпушки озера Виштынецкого (стереомикроскоп MoticSZM-171)

Fig. 1. Photo of the vendace scales from Lake Vishtynetskoye (stereomicroscope Motic SZM-171)

Полученные в результате проведения обратных расчислений данные позволяют значительно увеличить объемы материала для изучения особенностей роста [Бурбах, Шибаяев, 2019; Руйгите, 2009], а также дают информацию о размерах особей младших возрастных групп, которые встречаются в уловах единично либо не встречаются вовсе.

Кроме этого, по изменениям в соотношении размеров зон «быстрого» и «медленного» роста можно судить об относительной продолжительности благоприятных условий для роста популяции (температурные условия, обеспеченность пищей). При стабильных условиях в водной экосистеме и при отсутствии значительных сезонных колебаний соотношение

между этими зонами будет примерно одинаковое, тогда как при нарушении стабильности экосистемы или значительных сезонных «аномалий» это соотношение может меняться, в случае возвращения условий существования особей популяции к «среднегодовым» это соотношение восстанавливается.

Одной из проблем, возникающей при сборе материала для проведения обратных расчислений роста европейской ряпушки, является невозможность взятия образцов чешуи с постоянного участка туловища рыбы. Данный вид обладает легкоспадающей чешуей, что в результате обработки уловов приводит к ее значительным потерям, и образцы чешуи для оценки возрастной структуры приходится брать с различных участков тела, что сказывается в свою очередь на достоверности результатов обратных расчислений. Поэтому даже при наличии большого количества экземпляров, выловленных в рассматриваемый период (более 64 тыс. особей), материал, пригодный для анализа темпов роста, был собран только с 478 особей.

На начальном этапе обработки данных обратных расчислений роста рыб был проведен анализ зависимости между радиусом чешуи и длиной рыбы (рис. 2), так как в основе данного метода лежит предположение о пропорциональной взаимосвязи между этими двумя показателями. Это предположение было проверено путем построения линейной зависимости для всех полученных образцов чешуи. В результате было установлено, что данная зависимость описывается следующей функцией  $R = 0,942x + 8,757$ , а коэффициент корреляции составляет 0,71. Относительно низкий коэффициент корреляции напрямую связан с проблемами при сборе материала для определения возраста рыб и в дальнейшем проведения обратных расчислений.

Полученные данные о годовых радиусах, а также коэффициенты линейного уравнения зависимости между длиной чешуи и ее радиусом позволяют получить ретроспективные длины на каждом году жизни особей европейской ряпушки разных

поколений. Анализ полученных в результате расчетов данных (табл. 1) позволил получить представление о теоретическом росте особей рассматриваемой популяции, которые в дальнейшем были сгруппированы в зависимости от «года рождения».

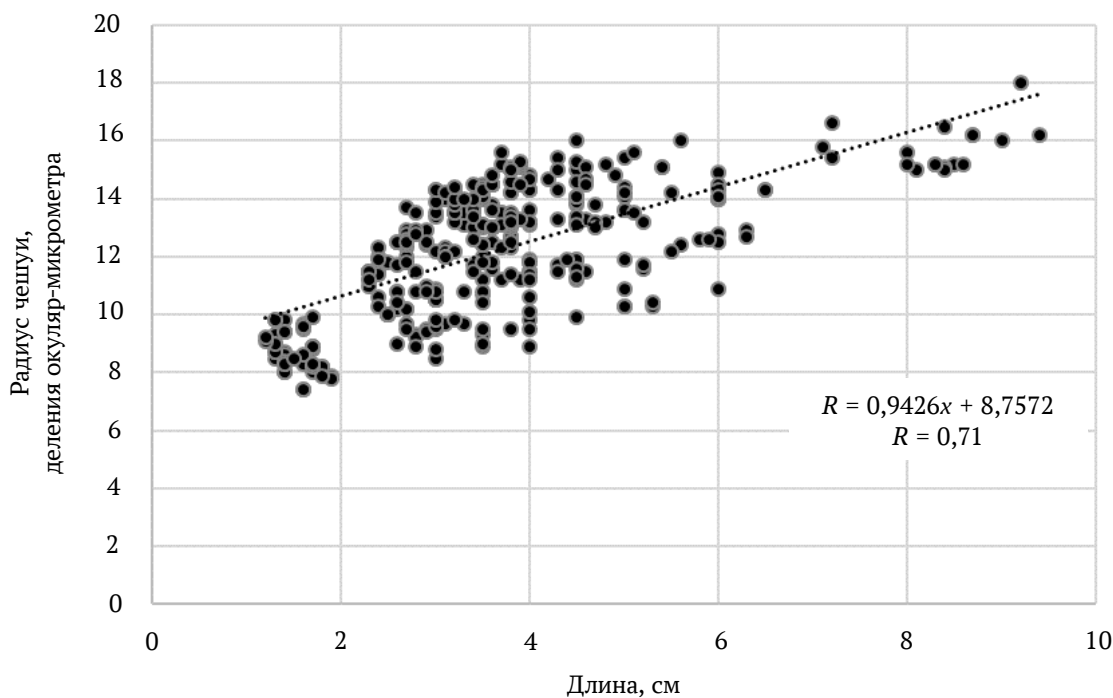


Рис. 2. Зависимость между радиусом чешуи и длиной европейской ряпушки озера Виштынецкого

Fig. 2. The relationship between the radius of the scale and the length of the vendace of Lake Vishtynetskoye

Таблица 1. Линейный рост европейской ряпушки озера Виштынецкого в различные годы, полученный с использованием обратных расчислений

Table 1. Linear growth of the vendace from the Lake Vishtynetskoye in different years, obtained using back-calculations

Год	Длина, см				
	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$
2016	7,6	10,3	12,4	13,1	14,8
2015	6,5	9,3	10,5	12,1	
2014	6,5	8,5	10,9	13,9	15,6
2013	6,1	8,5	11,4	13,9	14,7
2012	6,1	8,7	11,2	13,3	
2011	5,9	8,0	10,8		
2010	5,3	8,3			
2009	4,8				

При анализе полученных ретроспективных данных о линейном росте особей европейской ряпушки оз. Виштынецкого было выявлено несоответствие между наблюдаемыми и теоретическими (расчетными) средними длинами одной и той же возрастной группы. Данный феномен в литературе получил название «феномен Розы Ли» [Kraak et al., 2019], который связывают в большинстве случаев с влиянием на популяцию промысловой смертности, а также пространственной и временной неоднородностью условий существования и влиянием биотических факторов, замедляющих индивидуальные темпы роста для конкретных особей. В то же время наличие данного феномена может свидетельствовать о наличии двух внутри популяционных группировок, отличающихся темпами роста: медленно- и быстрорастущих особей [Webber, Thorson, 2016], что косвенно подтверждается результатами анализа размерно-возрастной структуры популяции, в которой при относительно стабильных в пространственном аспекте условиях существования популяции европейской ряпушки и относительно небольших размерах две смежные возрастные группы могут встречаться в двух-трех размерных. При этом медленно растущие особи менее подвержены воздействию промысловой смертности и в большей степени могут формировать старшевозрастные когорты, что и вызывает проявления феномена Розы Ли при обработке результатов обратных расчислений роста европейской ряпушки оз. Виштынецкого.

Несмотря на наличие феномена Розы Ли, полученные данные об индивидуальном росте особей рассматриваемой популяции позволяют утверждать, что в целом рост отражает общебиологический закон: скорость линейного роста имеет тенденцию к снижению с возрастом, но невоз-

можно достаточно достоверно установить средние размеры годовиков.

Результаты анализа данных о размерно-весовых показателях дают представление о средневзвешенных значениях длин разновозрастных когорт популяции европейской ряпушки в оз. Виштынецком, относящихся к поколениям разных лет. В таком случае при построении кривой роста мы получаем не графическое отражение процесса роста, а лишь кривую, отображающую распределение наблюдаемых размеров рыб, относящихся к различным поколениям, которые они имели в том или ином возрасте в различные годы.

Учитывая указанные выше особенности при использовании стандартных моделей обработки результатов обратных расчислений для описания темпов линейного роста популяции европейской ряпушки оз. Виштынецкого целесообразнее при описании теоретического роста использовать подход, предложенный С.В. Шибаетым [Шибаетым, 1987]. Согласно предложенному подходу, основой при проведении ретроспективных расчетов индивидуального роста и дальнейшего выявления его особенностей является формальное представление этого процесса с использованием уравнения Берталанфи [Bertalanffy, 1964]. Основные параметры, необходимые для использования указанного уравнения, определялись с помощью метода Форда – Уолфорда [Walford, 1946].

Уолфорд [Walford, 1946] в результате анализа модели, разработанной Берталанфи, показал, что математической основой используемого уравнения является установление факта замедления роста рыбы с возрастом путем сравнения размеров, которые имеет особь в начале и в конце некоторого временного интервала, например, года.

Анализируя полученные переменные уравнения Форда – Уолфорда и Берталанфи

(табл. 2), можно сделать вывод о стабильности линейного роста особей европейской ряпушки в оз. Виштынецком, о чем свидетельствуют близкие значения коэффициента  $b$  уравнения Форда – Уолфорда, отражающего рост в рассматриваемые годы.

Полученные данные о стабильности роста в рассматриваемый период дают возможность рассчитать длину годовика «виштынецкой» ряпушки с использованием зависимости между длиной годовика ( $l_1$ ) и возрастом рыбы ( $t$ ) (рис. 3).

При анализе полученных данных обратных расчислений (см. табл. 1) было установлено, что мы получаем лишь средние значения длин разных возрастных групп разных поколений, что не отражает в полной мере межгодовую динамику роста европейской ряпушки. В то же время эти данные могут стать отличной основой для определения средних величин прироста каждой возрастной группы внутри одной генерации, которые при совместном анализе с данными о длине годовика позволяют рассчитать гипотетические значения линейного роста в каждом году (табл. 3), т. е. значения длины, которые европейская ряпушка могла бы достигнуть при стабильных условиях окружающей среды на протяжении всей жизни. В результате проведенного анализа мы можем установить межгодовую динамику роста по следую-

щей схеме: к средней длине годовиков прибавлялись полученные значения прироста первой возрастной группы определенного года, и, таким образом, были получены абсолютные средние значения длины двухгодовиков, к которым в свою очередь прибавлялись средние значения прироста второй возрастной группы, и получали значения длины трехгодовиков и т. д. [Walford, 1946].

На основании полученных значений линейного роста для каждой возрастной группы были построены гипотетические кривые стабильного линейного роста (рис. 4).

При сравнении кривых линейного роста, полученных в результате ретроспективного анализа и гипотетических кривых, построенных на основании данных, полученных с использованием уравнения Берталанфи, можно отметить отсутствие значительных расхождений между ними (см. рис. 5). На основании этих данных можно сделать вывод, что особи европейской ряпушки популяции оз. Виштынецкого почти полностью реализуют свой потенциал роста при существующих условиях среды обитания. Наблюдаемые расхождения между кривыми для старших возрастных групп в 2016 г. объясняются недостаточным количеством материала на этапе выполнения обратных расчислений.

Таблица 2. Коэффициенты уравнений роста Форда – Уолфорда и Берталанфи

Table 2. Coefficients of the Ford – Walford and Bertalanffy growth equations

Годы	Коэффициенты уравнения Форда – Уолфорда			Коэффициенты уравнения Берталанфи			
	$a$	$b$	$r$	$L_{\infty}$	$K$	$c$	$t_0$
2012	4,48	0,88	1,00	35,95	-0,13	3,8	1,64
2013	3,50	0,88	0,99	29,17	-0,13	3,6	1,77
2014	3,09	0,91	1,00	35,33	-0,09	3,7	1,48
2015	4,78	0,84	1,00	29,87	-0,17	3,7	1,74
2016	4,50	0,88	1,00	35,98	-0,134	3,8	1,62



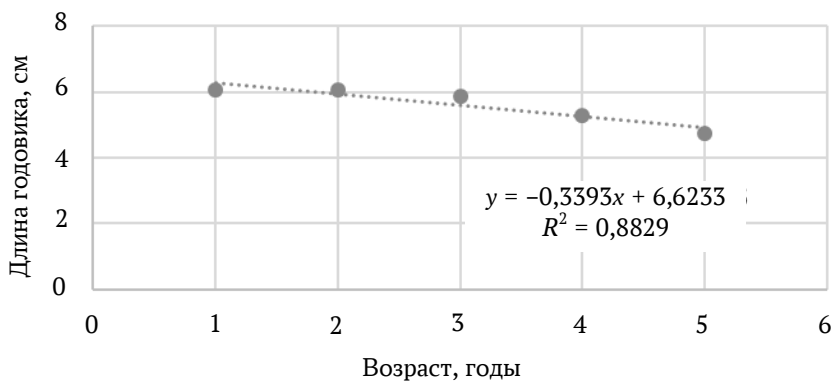


Рис. 3. Зависимость между средней длиной годовика ( $l$ ) ряпушки и ее возрастом ( $t$ ) при проявлении феномена Розы Ли

Fig. 3. The relationship between the average length of the vendace of the 1-year ( $l$ ) and its age ( $t$ ) when Rosa Lee phenomenon developing

Таблица 3. Гипотетические показатели роста европейской ряпушки озера Виштынецкого по данным обратных расчислений

Table 3. Hypothetical growth of the vendace from the Lake Vishtynetskoye according to back-calculations

Годы	Длина, см				
	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$
2016	6,3	10,1	13,3	15,9	18,6
2015	6,3	9,1	11,1	12,4	
2014	6,3	8,7	11,1	13,5	15,2
2013	6,3	8,7	11,4	14,1	15,5
2012	6,3	9,2	12,4	15,0	

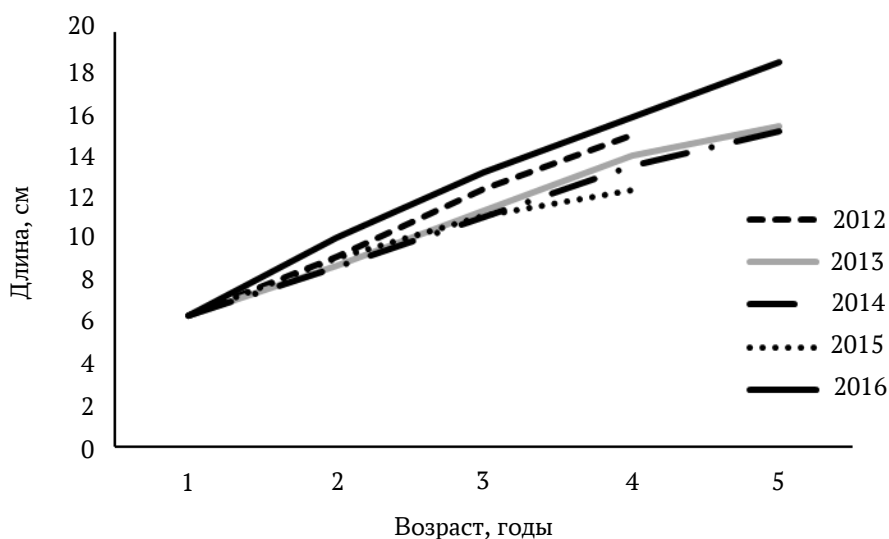


Рис. 4. Гипотетические кривые стабильного роста ряпушки озера Виштынецкого

Fig. 4. Hypothetical curves of stable growth for vendace from the Lake Vishtynetskoye

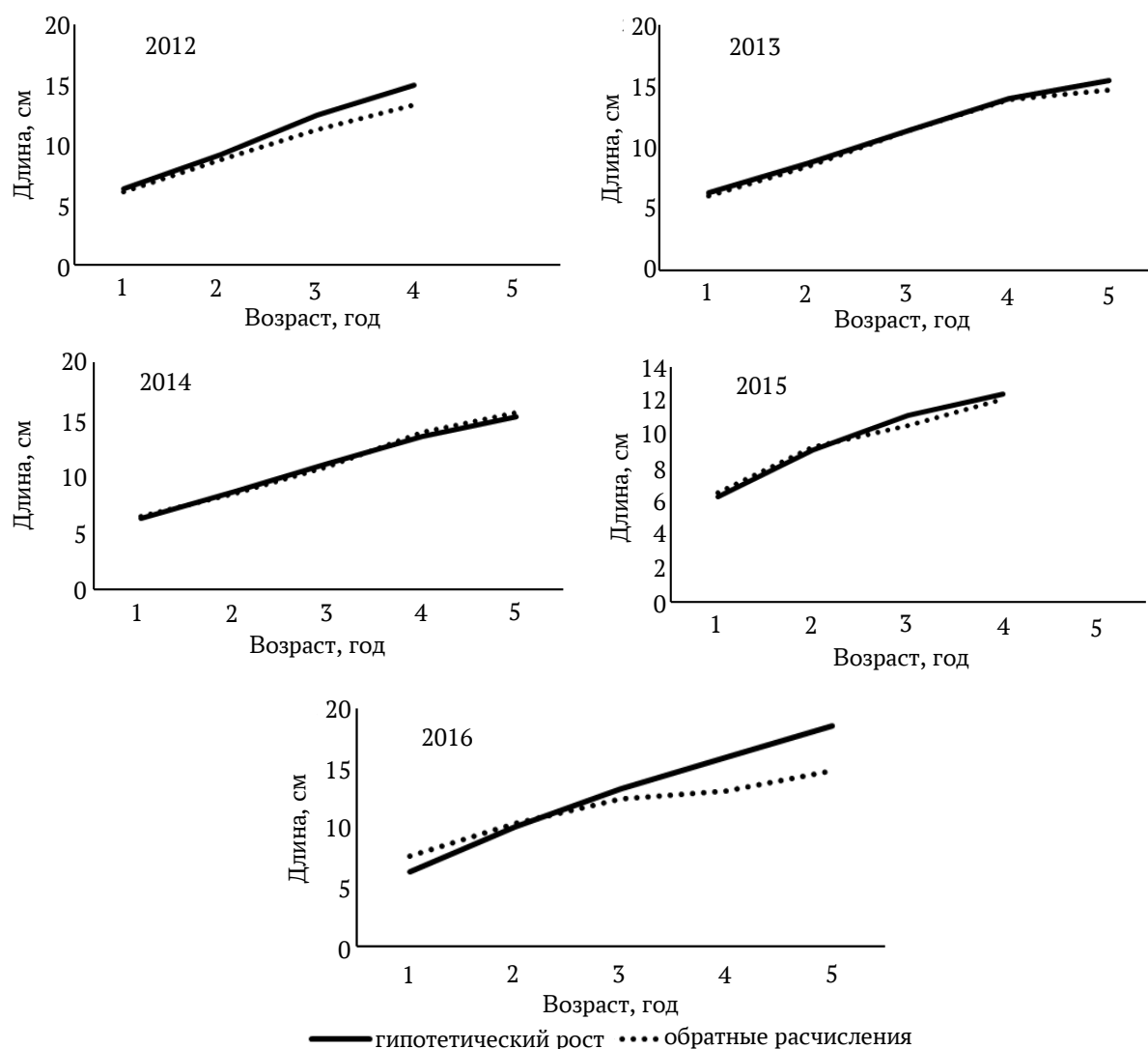


Рис. 5. Кривые гипотетического роста и кривые роста по обратным расчислениям европейской ряпушки озера Виштынецкого в 2012–2016 гг.

Fig. 5. The hypothetical growth curves and the growth curves based on the back-calculations for the vendace of Lake Vishtynetskoye during 2012–2016

Учитывая все вышеперечисленное, полученные результаты обработки обратных расчислений свидетельствуют об относительно стабильном росте ряпушки в оз. Виштынецком в период с 2012 по 2016 гг., что косвенно подтверждает отсутствие значительных колебаний абиотических и биотических параметров в оз. Виштынецком. Ежегодный темп линейного прироста согласуется с общебиологическими законами темпа роста рыб. Наблюдаемые межгодовые сдвиги в размерно-возрастных харак-

теристиках связаны в большей мере с колебаниями численности пополнения.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рост, на который влияют как биотические, так и абиотические факторы, носит адаптивный характер, обеспечивая оптимальные отношения между популяциями рыб и окружающей средой. Наиболее существенную роль играет фактор обеспеченности пищей. На всем ареале скорость

роста европейской ряпушки существенно варьируется. Более того, было выявлено, что с ростом трофности озера ускоряется рост мелких ряпушек, что приводит к увеличению их длины в разных возрастных группах [Oreha, Skute, 2009; Czerniejewski et al., 2022; Czerniejewski, Wawrzyniak, 2006; Kubiak et al., 2021]. В то же время для большинства озер полностью отсутствует информация о росте популяций на низких уровнях трофии, что позволило бы соотнести изменения в экосистеме с изменениями в темпах роста особей. Наличие «фоновой» информации о росте особей и среде, в которой она на тот момент существовала, становится важным фактором при разработке планов восстановления популяции и экосистемы в целом.

Европейская ряпушка оз. Виштынецкого обладает большим коммерческим потенциалом для промышленного рыболовства, в то же время является отличным индикатором процессов, протекающих в водных экосистемах, в особенности процессов эвтрофикации [Sarvala et al., 2020; Krivopuskova, Tzvetkova, 2022]. Ее годовые темпы роста отлично отражают обеспеченность пищей популяции (зоопланктон), так продолжительная положительная динамика роста рыб и отсутствие снижения темпов роста могут свидетельствовать о процессах, связанных с повышением трофического уровня.

Полученные в результате проведенного исследования данные о росте ряпушки в оз. Виштынецком в период с 2012 по 2016 гг. при относительно низких уровнях антропогенной нагрузки могут стать фоновыми показателями для оценки трофических изменений в водоеме, разработке планов по управлению прибрежной территорией, а также могут быть использованы в расчетах при отсутствии натуральных наблюдений и в промысловых моделях запа-

са. Дальнейшее проведение обратных расчетов роста европейской ряпушки в рамках обработки результатов комплексного экологического мониторинга экосистемы оз. Виштынецкого могут стать хорошим индикатором процессов эвтрофикации.

## ЛИТЕРАТУРА

- Бурбах А.С., Шибяев С.В. 2019. Рост колюшки (*Osmerus eperlanus eperlanus* L.) в реках бассейна Куршского залива Балтийского моря. *Материалы VII Международного Балтийского морского форума: VII Национальная научная конференция «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов»*. Калининград. С. 101–107.
- Кривопускова Е.В., Соколов А.В. 2017. Изменения размерно-возрастной структуры популяции европейской ряпушки озера Виштынецкого (Калининградская область) в период с 2007 по 2016 гг. *Вестник молодежной науки*. № 3 (10). С. 23–28.
- Кривопускова Е.В., Соколов А.В. 2018. Влияние сезонных температурных изменений в озере Виштынецком (Калининградская область) на вертикальное распределение уловов европейской ряпушки. *Вестник молодежной науки*. 2018. № 1 (13). С. 21–26.
- Мухордова Л.Л. 1972. Современное состояние и перспективы развития рыбного хозяйства на озере Виштынецком Калининградской области. *Труды КТИРПХ «Биология промысловых рыб внутренних водоемов Калининградской области»*. Вып. 40. С. 83–89.
- Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. Москва: Пищевая промышленность. 1966. 376 с.
- Руйгите Ю.К. 2009. Морфо-экологическая характеристика и возможности промы-

- слового использования густеры (*Blicca bjoerkna* L.) Вислинского залива Балтийского моря. *Автореферат диссертации ... канд. биол. наук.* Калининград. 24 с.
- Стрельникова А.П., Березина Н.А. 2021. Разнообразие пищевого спектра ряпушки в водоемах Евразии. *Трансформация экосистем.* № 4 (3). С. 1–15 DOI: 10.23859/estr-210329
- Шибяев С.В. 1987. Рост, баланс энергии и обеспеченность пищей леща Чебоксарского водохранилища. *Сб. науч. тр. ГосНИОРХ.* № 276. С. 93–109.
- Шибяев С.В. 2004. Системный анализ в рыбохозяйственных исследованиях. Калининград: КГТУ. 315 с.
- Aldushin A., Shibaev S. 2022. Prospects of development of small-scale fisheries of vendace in Lake Vistytis, Kaliningrad Oblast, Russia. *Sustainable Fisheries and Aquaculture: Challenges and Prospects for the Blue Bioeconomy. Environmental Science and Engineering.* Springer. P. 85–96. DOI: 10.1007/978-3-031-08284-9\_9.
- Bertalanffy L. 1964. Basic concepts in quantitative biology of metabolism. *Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen.* Vol. 9. № 1–4. P. 5–37.
- Czerniejewski P., Strzelczak A., Machula S., Martinez-Bracero M. 2022. Abiotic factors as a long-term stressor for the vendace fisheries in Lake Ińsko (European Central Plains Ecoregion, Poland). *Journal of Water and Land Development.* Special Issue. P. 24–33. DOI: 10.24425/jwld.2022.143718.
- Czerniejewski P., Wawrzyniak W. 2006. Management of vendace (*Coregonus albula*) in the lakes of north-west Poland in the late twentieth and early twenty-first centuries. *Arch. Pol. Fish.* Vol. 14. P. 105–121.
- Dawodu B., Aderolu Z., Elegbede I.O., Adekunbi F. 2015. Consequences of Anthropogenic Activities on Fish and the Aquatic Environment. *Poultry, Fisheries & Wildlife Sciences.* Vol. 3. Issue 2. P. 138–151. DOI: 10.4172/2375-446X.1000138.
- Droppers B., Franssen, Wietse H.P. et al. 2020. Simulating human impacts on global water resources using VIC-5. *Geoscientific Model Development.* Vol. 13. P. 5029–5052. DOI: 10.5194/gmd-13-5029-2020.
- Elliott J.A., Bell V.A. 2010. Predicting the potential long-term influence of climate change on vendace (*Coregonus albula*) habitat in Bassenthwaite Lake, U.K. *Freshwater Biology.* Vol. 56. P. 395–405. DOI: 10.1111/J.1365-2427.2010.02506.X.
- Kraak S.B.M., Haase S., Minto C., Santos J. 2019. The Rosa Lee phenomenon and its consequences for fisheries advice on changes in fishing mortality or gear selectivity. *ICES Journal of Marine Science.* Vol. 76. P. 2179–2192. DOI: 10.1093/icesjms/fsz107.
- Krivopuskova E., Tzvetkova N. 2022. Assessment of the trophic status of the coastal area of lake Vistytis (Kaliningrad region) by hydrochemical parameters. *Sustainable Fisheries and Aquaculture: Challenges and Prospects for the Blue Bioeconomy. Environmental Science and Engineering.* Springer. P. 41–51. DOI: 10.1007/978-3-031-08284-9\_5.
- Kubiak J., Machula S., Czerniejewski P. et al. 2021. Long term changes in the quality and water trophy of Lake Ińsko – the effect of the re-oligotrophication? *Journal of Water and Land Development.* № 51. P. 30–37. DOI: 10.24425/jwld.2021.139012.
- Lehtonen T.K., Gilljam D, Veneranta L. et al. 2023. The ecology and fishery of the vendace (*Coregonus albula*) in the Baltic Sea. *Journal of Fish Biology.* Vol. 2. P. 1–13. DOI: 10.1111/jfb.15542.
- Nyberg P., Bergstrand E., Degerman E., Enderlein O. 2001. Recruitment of pelagic

- fish in an unstable climate: Studies in Sweden's four largest lakes. *Ambio*. Vol. 30. P. 559–564. DOI: 10.1579/00447447-30.8.559.
- Oreha J., Skute N. 2009. Morphological characteristics of local populations of European vendace *Coregonus albula* (L.) in some lakes of Latvia during 50 years. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B*. Vol. 63. № 6 (665). P. 271–278. DOI: 10.2478/v10046-010-0003-z.
- Sarvala J., Helminen H., Ventelä A.M. 2020. Overfishing of a small planktivorous freshwater fish, vendace (*Coregonus albula*), in the boreal lake Pyhäjärvi (SW Finland), and the recovery of the population. *Fisheries Research*. Vol. 230. P. 105664. DOI: 10.1016/j.fishres.2020.105664.
- Schmidt M.B., Gassener H., Meyer E.I. 2005. Distribution and biomass of an underfished vendace, *Coregonus albula*, population in a mesotrophic German reservoir. *Fisheries Management and Ecology*. Vol. 2. P. 169–175. DOI: 10.1111/j.1365-2400.2005.00439.x.
- Walford L.A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Biol. Bull.* Vol. 90. № 2. P. 141–147.
- Webber D.N., Thorson J.T. 2016. Variation in growth among individuals and over time: a case study and simulation experiment involving tagged Antarctic toothfish. *Fisheries Research*. Vol. 180. P. 67–76.
- Krivopuskova E.V., Sokolov A.V. 2017. Changes in the size-age structure of the vendace population of the Lake Vishtynetskoye (Kaliningrad region) in the period from 2007 to 2016. *Vestnik molodezhnoy nauki (Bulletin of Youth Science)*. № 3 (10). P. 23–28 (in Russian).
- Krivopuskova E.V., Sokolov A.V. 2018. The influence of seasonal temperature changes in Lake Vishtynetskoye (Kaliningrad region) on the vertical distribution of catches of vendace. *Vestnik molodezhnoy nauki (Bulletin of Youth Science)*. № 1 (13). P. 21–26 (in Russian).
- Mukhordova L.L. 1972. Current state and prospects for the development of fisheries on Lake Vishtynetsky, Kaliningrad region. *Proceedings of KTIRPH "Biology of commercial fish in inland waters of the Kaliningrad region"*. Issue 40. P. 83–89 (in Russian).
- Pravdin I.F. 1966. *The Guide to Fish Studies*. Moscow: Food industry Publ. 376 p. (in Russian).
- Ruygite Yu.K. 2009. Morpho-ecological characteristics and possibilities of commercial use of silver bream (*Blicca bjoerkna* L.) of the Vistula Lagoon of the Baltic Sea. *Abstract of the candidacy dissertation for biological sciences*. Kaliningrad. 24 p. (in Russian).
- Strelnikova A.P., Berezina N.A. 2021. Diversity of food spectra of vendace in the water bodies of Eurasia. *Transformatsiya ekosistem (Ecosystems Transformation)*. 2021. № 4 (3). P. 1–15 (in Russian).
- Shibaev S.V. 1987. Growth, energy balance and food supply of bream in the Cheboksary reservoir. *Proceedings of scientific works of GosNIORH*. № 276. P. 93–109 (in Russian).
- Shibaev S.V. 2004. *Systems analysis in fishery research*. Kaliningrad. KGTU Publ. 315 p. (in Russian).

## REFERENCES

Burbakh A.S., Shibaev S.V. 2019. Growth of smelt (*Osmerus eperlanus eperlanus* L.) in the rivers of the Curonian Lagoon basin of the Baltic Sea. *Proceedings of the International Baltic Maritime Forum: X National Scientific Conference "Aquatic bioresources, aquaculture and ecology of water bodies"*. Kaliningrad. P. 101–107 (in Russian).

- Aldushin A., Shibaev S. 2022. Prospects of development of small-scale fisheries of vendace in Lake Vistytis, Kaliningrad Oblast, Russia. *Sustainable Fisheries and Aquaculture: Challenges and Prospects for the Blue Bioeconomy. Environmental Science and Engineering*. Springer. P. 85–96. DOI: 10.1007/978-3-031-08284-9\_9.
- Bertalanffy L. 1964. Basic concepts in quantitative biology of metabolism. *Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*. Vol. 9. № 1–4. P. 5–37.
- Czerniejewski P., Strzelczak A., Machula S., Martinez-Bracero M. 2022. Abiotic factors as a long-term stressor for the vendace fisheries in Lake Ińsko (European Central Plains Ecoregion, Poland). *Journal of water and land development*. Special Issue. P. 24–33. DOI: 10.24425/jwld.2022.143718.
- Czerniejewski P., Wawrzyniak W. 2006. Management of vendace (*Coregonus albula*) in the lakes of north-west Poland in the late twentieth and early twenty-first centuries. *Arch. Pol. Fish.* Vol. 14. P. 105–121.
- Dawodu B., Aderolu Z., Elegbede I.O., Adekunbi F. 2015. Consequences of Anthropogenic Activities on Fish and the Aquatic Environment. *Poultry, Fisheries & Wildlife Sciences*. Vol. 3. Issue 2. P. 138–151. DOI: 10.4172/2375-446X.1000138.
- Droppers B., Franssen, Wietse H.P. et al. 2020. Simulating human impacts on global water resources using VIC-5. *Geoscientific Model Development*. Vol. 13. P. 5029–5052. DOI: 10.5194/gmd-13-5029-2020.
- Elliott J.A., Bell V.A. 2010. Predicting the potential long-term influence of climate change on vendace (*Coregonus albula*) habitat in Bassenthwaite Lake, U.K. *Freshwater Biology*. Vol. 56. P. 395–405. DOI: 10.1111/J.1365-2427.2010.02506.X.
- Kraak S.B.M., Haase S., Minto C., Santos J. 2019. The Rosa Lee phenomenon and its consequences for fisheries advice on changes in fishing mortality or gear selectivity. *ICES Journal of Marine Science*. Vol. 76. P. 2179–2192. DOI: 10.1093/icesjms/fsz107.
- Krivopuskova E., Tzvetkova N. 2022. Assessment of the trophic status of the coastal area of lake Vistytis (Kaliningrad region) by hydrochemical parameters. *Sustainable Fisheries and Aquaculture: Challenges and Prospects for the Blue Bioeconomy. Environmental Science and Engineering*. Springer. P. 41–51. DOI: 10.1007/978-3-031-08284-9\_5.
- Kubiak J., Machula S., Czerniejewski P. et al. 2021. Long term changes in the quality and water trophy of Lake Ińsko – the effect of the re-oligotrophication? *Journal of Water and Land Development*. № 51. P. 30–37. DOI: 10.24425/jwld.2021.139012.
- Lehtonen T.K., Gilljam D, Veneranta L. et al. 2023. The ecology and fishery of the vendace (*Coregonus albula*) in the Baltic Sea. *Journal of Fish Biology*. Vol. 2. P. 1–13. DOI: 10.1111/jfb.15542.
- Nyberg P., Bergstrand E., Degerman E., Enderlein O. 2001. Recruitment of pelagic fish in an unstable climate: Studies in Sweden's four largest lakes. *Ambio*. Vol. 30. P. 559–564. DOI: 10.1579/00447447-30.8.559.
- Oreha J., Skute N. 2009. Morphological characteristics of local populations of European vendace *Coregonus albula* (L.) in some lakes of Latvia during 50 years. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B*. Vol. 63. № 6 (665). P. 271–278. DOI: 10.2478/v10046-010-0003-z.
- Sarvala J., Helminenb H., Venteläc A.M. 2020. Overfishing of a small planktivorous freshwater fish, vendace (*Coregonus albula*), in the boreal lake Pyhäjärvi (SW Finland), and the recovery of the population. *Fisheries Research*. Vol. 230.

- P. 105664. DOI: 10.1016/j.fishres.2020.105664.
- Schmidt M.B., Gassener H., Meyer E.I. 2005. Distribution and biomass of an underfished vendace, *Coregonus albula*, population in a mesotrophic German reservoir. *Fisheries Management and Ecology*. Vol. 2. P. 169–175. DOI: 10.1111/j.1365-2400.2005.00439.x.
- Walford L.A. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Biol. Bull.* Vol. 90. № 2. P. 141–147.
- Webber D.N., Thorson J.T. 2016. Variation in growth among individuals and over time: a case study and simulation experiment involving tagged Antarctic toothfish. *Fisheries Research*. Vol. 180. P. 67–76.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Кривоpuskova Екатерина Владимировна** – Калининградский государственный технический университет; 236022, Россия, Калининград; младший научный сотрудник кафедры водных биологических ресурсов и аквакультуры; [ekaterina.krivopuskova@klgtu.ru](mailto:ekaterina.krivopuskova@klgtu.ru). SPIN-код: 2911-0409, Author ID: 788461; Scopus ID: 57919850900.

**Krivopuskova Ekaterina Vladimirovna** – Kaliningrad State Technical University; 236022, Russia, Kaliningrad; Junior Researcher of the Aquatic Biological Resources and Aquaculture Chair; [ekaterina.krivopuskova@klgtu.ru](mailto:ekaterina.krivopuskova@klgtu.ru). SPIN-code: 2911-0409, Author ID: 788461; Scopus ID: 57919850900.

**Бурбах Анна Сергеевна** – Калининградский государственный технический университет; 236022, Россия, Калининград; кандидат биологических наук, доцент кафедры водных биологических ресурсов и аквакультуры; [anna.burbakh@klgtu.ru](mailto:anna.burbakh@klgtu.ru). SPIN-код: 8318-5494, Author ID: 1000422; Scopus ID: 57919861700.

**Burbakh Anna Sergeevna** – Kaliningrad State Technical University; 236022, Russia, Kaliningrad; Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Aquatic Biological Resources and Aquaculture Chair; [anna.burbakh@klgtu.ru](mailto:anna.burbakh@klgtu.ru). SPIN-code: 8318-5494, Author ID: 1000422; Scopus ID: 57919861700.

Статья поступила в редакцию 14.02.2024; одобрена после рецензирования 29.07.2024; статья принята к публикации: 10.09.2024.

The article was submitted 14.02.2024; approved after reviewing 29.07.2024; accepted for publication 10.09.2024.

Научная статья

УДК 606:639.3.043:595.77

DOI: 10.17217/2079-0333-2024-69-111-125

**ИЗУЧЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ЛИЧИНКИ *HERMETIA ILLUCENS*  
И ЕЕ ГИДРОЛИЗАТОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА БЕЛКА И ЖИРА В АКВАБИОТЕХНОЛОГИИ**

Мезенова О.Я.<sup>1</sup>, Агафонова С.В.<sup>1</sup>, Романенко Н.Ю.<sup>1</sup>, Калинина Н.С.<sup>1</sup>, Волков В.В.<sup>1</sup>, Лихварь М.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Советский проспект, 1.

<sup>2</sup> ИП Лихварь, Калининградская область, г. Гурьевск, пер. Ясный, 4

Проблема качественного источника белка и жира актуальна для развития аквакультуры. Альтернативным заменителем животных компонентов становится личинка мухи черной львинки *Hermetia illucens*. Из-за наличия хитина компоненты личинки усваиваются рыбами не полностью. Целью исследования являлась оценка кормовой ценности белков и липидов личинки *Hermetia illucens*, подвергшейся высокотемпературному гидролизу. В результате из личинки были получены водорастворимая и водонерастворимая протеинсодержащие добавки и жировая добавка. Установлен химический состав сырья и добавок, аминокислотный состав протеиновых добавок и их сбалансированность для лососевых; жирнокислотный состав липидной добавки и соотношение основных групп жирных кислот. Показано повышенное содержание в водонерастворимой добавке кальция, фосфора, железа, магния, цинка, калия. Установлено уменьшение содержания хитина в протеинсодержащих добавках. Рекомендовано использовать получаемые из личинки добавки в составе комбикормов для рыб в аквакультуре.

**Ключевые слова:** аминокислотный состав, белки, гидролиз, жирнокислотный состав, жиры, личинка *Hermetia illucens*, минеральные вещества.

Original article

**STUDYING THE POTENTIAL OF *HERMETIA ILLUCENS* LARVA  
AND ITS HYDROLYSATES FOR USE AS A SOURCE OF PROTEIN  
AND FAT IN AQUABIOTECHNOLOGY**

Mezenova O. Ya.<sup>1</sup>, Agafonova S. V.<sup>1</sup>, Romanenko N. Yu.<sup>1</sup>, Kalinina N. S.<sup>1</sup>, Volkov V. V.<sup>1</sup>, Likhvar M. V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Sovetsky Prospekt 1.

<sup>2</sup> IE Likhvar, Kaliningrad region, Guryevsk, Pereulok Yasny 4.

The problem of a high-quality source of protein and fat is relevant for the development of aquaculture. An alternative substitute for animal components is the larva of the black soldier fly *Hermetia illucens*. Due to the presence of chitin, the components of the larvae are not completely absorbed by fish. The purpose of the study was to assess the nutritional value of proteins and lipids of the *Hermetia illucens* larva after high-temperature hydrolysis. As a result, water-soluble and water-insoluble protein supplements and a fat supplement were obtained from the larva. The chemical composition of raw materials and additives, the amino acid composition of protein additives and their balance for salmon as well as fatty acid composition of the



lipid supplement and the ratio of the main groups of fatty acids have been established. An increased content of calcium, phosphorus, iron, magnesium, zinc, and potassium in the water-insoluble additive is shown. A decrease in the chitin content in protein-containing supplements has been established. It is recommended to use additives obtained from the larvae in the composition of fish feed in aquaculture.

**Key words:** amino acid composition, proteins, hydrolysis, fatty acid composition, fats, *Nermetia illucens* larva, minerals.

## ВВЕДЕНИЕ

Отечественное кормопроизводство не обеспечивает сегодня растущие потребности в кормах для животноводства, птицеводства, рыбоводства. Особенно остро чувствуется нехватка качественных кормов при выращивании ценных хищных пород рыб в индустриальной аквакультуре (лососевых, форелевых, сиговых) [Лагуткина, 2017]. Одной из причин этого является нехватка кормовой рыбной муки – основного источника протеина и рыбного жира, получаемого при производстве рыбной муки из жирного сырья. В настоящее время в нашей стране рыбная мука и рыбный жир не производятся в достаточном количестве, а выпускаемая продукция имеет, как правило, пониженный уровень качества. Ключевыми проблемами для развития рыбомучного и жирового производства в России являются недостаток сырья, стареющий парк судов и производственного оборудования. По данным IFFO, за 2023 г. производство рыбной муки снизилось на 10% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, а рыбного жира – на 22% [<https://fishnews.ru/news/47790>]. В России объемы ежегодного производства рыбной муки составляют около 80 тыс. тонн при потребности более 250 тыс. тонн [<https://teletype.in/@zytek/H1u7LTEoN>].

В связи с этим остро стоит вопрос об альтернативных источниках животного протеина и жира, предназначенных для кормов ценных объектов аквакультуры.

Представляется перспективным для этого использовать насекомых, богатых белками и жирами, благотворно воздействующими на рост и развитие рыб [Henry et al., 2015; Zarantoniello et al., 2019]. Особенно популярными насекомыми в настоящее время являются личинки мухи черной львинки *Hermetia illucens*, отличающиеся быстрым ростом. В различных агрохозяйствах личинку в естественном и высушенном виде используют для изготовления комбикормов животных и птицы, что позволяет существенно сократить расходы на белковые компоненты [Lock et al., 2016; Belghit et al., 2018; Ушаков и др., 2018; 2020].

В Калининградской области имеются три специализированных хозяйства по выращиванию личинки *Hermetia illucens*, в которых они за несколько дней набирают массу, в сотни раз превышающую первоначальную. Личинки содержат, в зависимости от субстрата при питании, 36–45% протеина, 20–45% жира, 6–8% хитина, 3–14% углеводов, 1–4% минеральных веществ, в том числе кальций, фосфор, магний, калий и др. [Spranghers et al., 2017; Fairuz et al.; 2022]. По имеющимся данным, белки личинки содержат все незаменимые аминокислоты, а жир личинки богат жирными кислотами, используемыми в пищевой и кормовой промышленности [Тышко и др., 2021; Требух и др., 2024].

Проблемой использования данного сырья в кормах является наличие хитина в экзоскелете личинок, практически не перевариваемого пищеварительными органа-

ми рыб. Перевод компонентов данного сырья, в том числе высокомолекулярного хитина, в усвояемое состояние требует специальной технологии. Опубликованные сведения показывают, что полученные по различным технологиям из личинки кормовые добавки не усваиваются полностью рыбами, а причиной данного факта является наличие хитина, устойчивого к пищеварительным ферментам [Ушаков и др., 2018; 2020; Матросова и др., 2023]. Изучение биологической ценности и усвояемости белка личинок специалистами ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» в экспериментах на крысах поколения F2 и F1 показало снижение значений этих показателей из-за наличия хитина. Для повышения усвояемости белка *Hermetia aillucens* рекомендована предварительная модификация личинок, проводимая тем или иным способом [Садыкова и др., 2021; Тышко и др., 2021].

Рациональной модификацией химического состава личинки, прежде всего, его белковой и хитиновой составляющих, представляется высокотемпературная обработка, проводимая в водной среде под давлением по технологии Калининградского государственного технического университета [Мезенова, 2019; Мезенова и др., 2021]. Результаты экспериментов, проведенных в КГТУ, по глубокому термическому гидролизу различного сырья, в том числе хитинсодержащего (отходов от разделки крабов, креветок), показали перспективность такой модификации. Полученные биодобавки двух видов (водорастворимая и водонерастворимая) из головогруды камчатских крабов, содержащие соответственно 64 и 40% протеиновых компонентов, были успешно апробированы в биологических испытаниях в составе комбикормов молоди радужной форели, выращиваемой в условиях индустриальной аквакультуры [Мезенова и др., 2023; Shakhova et al., 2023].

Целью исследования являлась оценка кормового биопотенциала личинки *Hermetia illucens*, ее протеинсодержащих добавок и жировой фракции, полученных высокотемпературным гидролизом. Соответствующими задачами для достижения цели являлись: оценка химического состава и кормовой сбалансированности личинки и ее гидролизатов по аминокислотному и жирнокислотному составам; установление содержания минеральных компонентов; обоснование использования добавок в качестве альтернативных источников животного протеина и жира в составе комбикормов для хищных объектов аквакультуры (лососевых).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования проводились на кафедре пищевой биотехнологии ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» и в Научно-исследовательской лаборатории UBF (Альтландсберг, Германия).

Личинку получали в агрофирме ИП Лихварь (Калининградская область).

Модификацию личинки проводили термогидролизом по технологии КГТУ [Мезенова, 2019; Мезенова и др., 2021]. При проведении термогидролиза сырье измельчали, смешивали с горячей водой при гидромодуле 1 : 1 и помещали в термореактор, в котором проводили обработку при 130°C в течение 60 минут под давлением 0,20 МПа. Гидролизованную суспензию разделяли центрифугированием на три фракции – жировую (верхнюю), водорастворимую (пептидно-протеиновую, среднюю) и водонерастворимую (белково-минеральную, осадочную). Обе протеинсодержащие фракции обезвоживали (сублимационно и конвекционнo), измельчали и получали порошкообразные кормовые добавки.

Анализ биопотенциала сырья и его фракций, полученных при термогидролизе, проводили лабораторным путем по стандартным и общепринятым методикам. Оценку содержания влаги проводили по ГОСТ Р 54951, сырого протеина – по ГОСТ 13496.4, жира – по ГОСТ 13496.15, хитина – по ГОСТ 7635.

Содержание аминокислот в белках личинки оценивали по ФР. 1.31.2015.19761. «Корма, комбикорма и сырье для их производства. Методика измерений массовой доли аминокислот методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза “Капель”». Содержание аминокислот в белках протеиновых добавок определяли по стандарту EU 152/2009 (F) в Научно-исследовательской лаборатории UBF (Германия) с идентификацией на АК-анализаторе с нингидрином в соответствии с ISO 13903-2005.

Жирнокислотный состав липидных фракций определяли по ГОСТ 31663-2012 «Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот».

Содержание минеральных веществ определяли в соответствии с методом DINENISO 11885-2009-09 с предварительной минерализацией сырья и количественной идентификацией методом молекулярной абсорбционной спектроскопии.

Статистическую обработку результатов проводили общепринятыми методами

математической статистики на 95%-ном доверительном уровне.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Химический состав личинки *Hermetia illucens*, использованной в эксперименте, а также полученных из нее в результате глубокого термогидролиза протеиновых добавок в порошкообразной форме приведен в таблице 1.

Кормовой потенциал полученных гидролизатов личинки *Hermetia illucens* и их пригодность для целей аквакультуры оценивали по сбалансированности аминокислотного состава, с учетом видовой специфичности выращиваемой рыбы. Для всех видов рыб незаменимыми являются 10 аминокислот: лизин, метионин, триптофан, аргинин, гистидин, фенилаланин, треонин, валин, лейцин и изолейцин [[Щербина, Гамыгин, 2006]. Недостаток незаменимых аминокислот тормозит скорость роста рыбы, потребление и усвояемость кормов, негативно сказывается на выживаемости. Особенно востребованными для всех возрастов лососевых являются аргинин и гистидин, поскольку они способствуют росту рыб в течение всей жизни. Недостаток триптофана у тихоокеанских лососей (нерка, чавыча) приводит к искривлению позвоночника. Дефицит лизина оказывает негативное влияние на скорость роста у атлантического лосося [Лагуткина, 2017].

Таблица 1. Общий химический состав личинки *Hermetia illucens* (сушеное сырье) и полученных из нее обезвоженных протеинсодержащих фракций

Table 1. General chemical composition of *Hermetia illucens* larva (dried raw materials) and dehydrated protein-containing fractions obtained from it

Вид экспериментального образца	Содержание, %				
	Влага	Протеин	Жир	Минеральные вещества	Углеводы
Личинка <i>Hermetia illucens</i> (сушеное сырье)	8,25	40,06	21,57	13,1	17,02, в т. ч. хитин 7,5

Окончание табл. 1

The end of the Table 1

Вид экспериментального образца	Содержание, %				
	Влага	Протеин	Жир	Минеральные вещества	Углеводы
Водорастворимая добавка (сублимированная)	7,17	43,40	12,03	8,57	28,83, в т. ч. хитин 1,1
Водонерастворимая добавка (высушенная конвекционно)	8,21	47,80	5,79	24,79	13,41, в т. ч. хитин 1,8

В таблице 2 приведены экспериментально полученные и литературные данные по содержанию аминокислот в личинке *Hermetia illucens*, а также в полученных добавках – продуктах ее гидролиза. Для сравнения приведены аналогичные показатели в рыбной муке – основном источнике белка в кормовых технологиях для аквакультуры.

Из данных таблицы 2 видно, что аминокислотный состав личинки *Hermetia illucens*, ее протеиновых гидролизатов и рыбной муки сходен. Личинка и добавки содержат практически все незаменимые для рыб аминокислоты. Различия в составах аминокислот между добавками обусловлены, по-видимому, сложными физико-химическими изменениями, происходящими под действием высоких температур. В результате взаимопревращений и перераспределений аминокислот между водорастворимой и водонерастворимой фракциями, образующимися при гидролизе, наблюдается суммарный прирост содержания незаменимых аминокислот в обеих фракциях относительно сырья. По некоторым аминокислотам этот прирост существенный: в 2,1–2,4 раза (по гистидину); в 2,2–2,8 раза (по аланину); в 1,2–1,4 (по пролину), а триптофан вообще обнаружен только в водорастворимой добавке. Следует отметить, что суммарное содержание незаменимых аминокислот в водорастворимой добавке увеличилось относительно

их содержания в личинке (соответственно 18,18 и 17,69%).

Кормовую эффективность протеиновой биомодификации личинки оценивали с учетом аминокислотной сбалансированности протеиновых фракций в полученных добавках относительно «идеального» белка для лососевых. В таблице 3 приведены потребности незаменимых аминокислот для лососевых рыб, установленные по двум источникам [Щербина, Гамыгин, 2006], а также скоры аминокислот, рассчитанные по их содержанию в протеинсодержащих добавках – гидролизатах личинки *Hermetia illucens*.

Из данных таблицы 3 следует, что обе добавки, полученные глубоким термогидролизом личинки, являются высоко сбалансированными по аминокислотному составу. Значения скоров практически всех незаменимых аминокислот выше 100% для основных аминокислот, кроме метионина и фенилаланина. По качественно-количественному аминокислотному составу протеины полученных добавок и рыбной муки близки.

В связи с повышенной жирностью личинки *Hermetia illucens* и получением при ее термогидролизе отдельной жировой фракции рационально было определить ее биологическую ценность с точки зрения целесообразности введения в корма аквакультуры. В таблице 4 приведены результаты определения состава жирных кислот в жире личинки и в ее жировой фракции, выделенной при высокотемпературном гидролизе.

Таблица 2. Аминокислотный состав рыбной муки, личинки *Hermetia illucens* и ее протеинсодержащих фракций, полученных в результате термического гидролиза сырья

Table 2. Amino acid composition of fish meal, *Hermetia illucens* larvae and its protein-containing fractions obtained as a result of thermal hydrolysis of raw materials

Аминокислота	Содержание													
	В личинке, литературные данные [Некрасов и др., 2019], содержание белка 40%			В личинке, экспериментальные данные, сушеное сырье, содержание белка 40,1%			В продуктах гидролиза личинки водорастворимой фракции, содержание белка 43,4%			В продуктах гидролиза водонерастворимой фракции, содержание белка 47,8%			В рыбной муке, содержание белка 60% [Некрасов и др., 2019]	
	г/100 г продукта	г/100 г белка	г/100 г продукта	г/100 г белка	г/100 г продукта	г/100 г белка	г/100 г продукта	г/100 г белка	г/100 г продукта	г/100 г белка	г/100 г продукта	г/100 г белка	г/100 г продукта	г/100 г белка
Аланин	2,78	6,95	2,76	6,88	8,51	19,6	7,28	15,23	4,02	6,70				
Аргинин	1,92	4,5	3,34	8,33	2,93	6,76	2,59	5,42	3,89	6,48				
Аспарагин	-	-	-	-	1,32	3,04	0,74	1,55	-	-				
Аспарагиновая кислота	3,76	9,4	5,52	13,77	0,90	2,07	2,6	5,44	6,10	10,17				
Цистин	1,07	2,63	1,16	2,89	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,6	1,00				
Г лутамин	-	-	-	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	-				
Г лутаминовая кислота	4,72	11,8	5,79	14,44	5,43	12,51	7,94	16,61	8,61	14,35				
Г лизин	2,24	5,6	2,26	5,64	2,17	5,0	2,03	4,25	4,0	6,67				
Г истидин	1,35	3,38	1,33	3,32	3,46	7,97	3,35	7,01	1,9	3,17				
Гидроксипролин	-	-	-	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	-				
Изолейцин	1,43	3,58	4,12	10,27	1,32	3,04	1,34	2,80	2,63	4,38				
Лейцин	2,60	6,5			1,78	4,10	1,37	2,87	4,75	7,92				
Лизин	2,37	6,83	2,52	6,28	2,34	5,39	2,54	5,31	5,22	8,70				
Метионин	0,68	1,7	0,87	2,17	0,48	1,11	0,48	<0,1	1,88	3,13				
Орнитин	-	-	-	-	0,63	1,45	1,45	<0,1	-	-				
Фенилаланин	1,54	3,85	1,63	4,06	0,82	1,89	1,38	2,89	2,56	4,27				
Фосфоэтаноламин	-	-	-	-	1,27	2,93	3,32	6,95	-	-				
Пролин	2,76	6,9	2,37	5,91	3,55	8,18	3,35	7,01	2,84	4,73				
Серин	1,72	4,3	2,17	5,41	1,23	2,83	2,08	4,35	2,61	4,35				
Треонин	1,70	4,25	1,83	4,56	1,37	3,16	2,07	4,33	2,74	4,57				
Триптофан	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,36	3,13	1,36	<0,1	-	-				
Тирозин	2,44	6,1	2,57	6,41	1,93	4,45	2,66	5,56	2,19	3,65				
Валин	1,92	4,8	2,05	5,11	2,32	5,35	2,05	4,29	3,19	5,32				

Таблица 3. Незаменимые аминокислоты и их потребности для лососевых рыб, расчетные скорости для аминокислот в гидролизатах личинки *Hermetia illucens* и рыбной муке

Table 3. Essential amino acids and their requirements for salmon fish, calculated rates for amino acids in hydrolysates of *Hermetia illucens* larvae and fish meal

Незаменимая аминокислота для рыб	Установленная потребность лососевых рыб (по Mertz), г/100 г белка [Щербина, Гамыгин, 2006]	Установленная потребность лососевых рыб (по Kaushik, Suzon), г/100 г белка [Щербина, Гамыгин, 2006]	Скоры аминокислот, %, в гидролизатах личинки <i>Hermetia illucens</i> и рыбной муке		Водонерастворимая добавка		Водонерастворимая добавка	
			по Mertz	по Mertz	по Mertz	по Kaushik, Suzon	по Mertz	по Kaushik, Suzon
Аргинин	6	4,4	112,7	90,3	153,6	123,2	108,0	108,0
Гистидин	1,8	1,6	442,8	389,4	498,1	438,1	176,1	176,1
Изолейцин	2,3	2	132,2	121,7	152,0	140	190,4	190,4
Лейцин	4	3,6	102,5	71,8	113,9	79,7	198,0	198,0
Лизин	5	4,8	107,8	106,2	112,3	110,6	174,0	174,0
Метионин	4	3,2	27,8	-	34,7	-	76,3	76,3
Фенилаланин	4,3	5,3	44,0	67,2	35,7	54,5	99,3	99,3
Треонин	2,3	2	154,1	188,3	177,2	216,5	198,7	198,7
Триптофан	0,5	0,6	626	-	521,7	-	-	-
Валин	3,3	5,3	162,1	130	100,9	80,9	161,2	161,2

Таблица 4. Жирнокислотный состав жира личинки *Hermetia illucens* и ее липидной фракции, полученной в результате термогидролиза  
 Table 4. Fatty acid composition of the fat of the *Hermetia illucens* larva and its lipid fraction obtained as a result of thermal hydrolysis

Обозначение	Жирная кислота (ЖК)	Наименование	Содержание, % суммы жирных кислот			По литературным данным, в жире личинки [Садькова и др., 2021]
			В жире личинки	В жире гидролизата личинки		
10:0		Каприновая	0,99	1,3	1,16	
12:0		Лауриновая	46,4	47,9	39,92	
14:0		Миристиновая	11,4	10,5	11,03	
14:1		Миристолеиновая	0,64	-	0,19	
15:0		Изо-пентадекановая	0,39	0,2	0,57	
15:1		Пентадеценная	0,64	-	0,14	
16:0		Пальмитиновая	17,1	14,4	18,41	
16:1 n7		Гексадеценная	3,1	3,0	0,29	
17:0		Маргариновая	0,39	0,3	0,37	
17:1		Гептадеценная	0,37	0,2	0,30	
18:0		Стеариновая	2,42	2,7	2,55	
cis 18:1 n9 tr		Элаидиновая	-	0,3	0,67	
cis 18:1 n9		Олеиновая	10,2	8,9	12,89	
cis 18:2 n6		Линолевая	4,26	8,4	5,49	
cis 18:3 n6		Альфа-линолевая	-	0,2	0,79	
cis 20:0		Арахидиновая	0,06	0,1	0,05	
cis 18:3 n3		Альфа-линолевая	0,2	0,7	0,79	
cis 20:1 n9		Гондоиновая	1,34	0,1	0,23	
cis 20:2 n6		Эйкозодиеновая	-	0,1	-	
21:0		Генэйкоциловая кислота	0,15	-	-	
cis 24:1 n9		Нервоновая кислота	-	0,5	-	
cis 22:5 n3		Докозапентаеновая	-	0,2	-	
Сумма НЖК			79,3	77,4	74,06	
Сумма МНЖК			16,29	12,6	14,71	
Сумма ПНЖК			4,46	9,7	7,07	
Сумма ω-3 ЖК			0,2	0,9	0,79	

Из данных таблицы 4 следует, что жир личинки и ее отдельной жировой фракции близки по количественному и качественному составу жирных кислот. Они содержат в основном насыщенные жирные кислоты (соответственно 79,3 и 77,4%), при этом основными насыщенными ЖК являются лауриновая, миристиновая, пальмитиновая, что согласуется с литературными данными [Садыкова и др., 2021]. Из мононенасыщенных жирных кислот преобладает линолевая (4,26 и 8,4%) при невысоком суммарном содержании МНЖК 16,29% (сырье) и 12,6% (жировая добавка). При этом в полученной жировой добавке почти в 2,17 раза выше содержание полиненасыщенных жирных кислот относительно сырья (соответственно 9,7 и 4,46%), что свидетельствует о хорошей переносимости линолевой кислоты (основной ПНЖК) высоких температур, сопровождающих термогидролиз. Полученные данные свидетельствуют о возможности частичного введения жировой добавки личинки в состав жировой фракции комбикормов для рыб, представленной традиционным источником – рыбным жиром, богатым ПНЖК [Щербина, Гамыгин, 2006]. Вопрос о рациональной дозировке жира личинки в составе комбикорма для аквакультуры требует специального изучения.

В питании рыб необходимыми элементами являются минеральные вещества. Ограниченное или избыточное поступление минеральных веществ в организм рыб, обусловленное особенностями организма рыб и составом комбикормов, может привести к снижению аппетита, возникновению патологических изменений (особенно на ранних стадиях развития), торможению роста. Например, при недостаточности в рационе фосфора, магния, марганца, цинка в совокупности или хотя бы одного из этих элементов развивается остеодистрофия, которая проявляется в искривлении

позвоночника и ребер, деформации лобных и челюстных костей, ротового аппарата, редукции жаберных крышек, искривлениях ребер и в ряде других патологий. Все эти изменения тормозят рост рыб и снижают их продуктивность [Лагуткина, 2017].

Основными минеральными веществами для рыб являются кальций и фосфор, формирующие опорно-двигательный аппарат. Их источником обычно является рыбная кормовая мука, содержащая эти элементы в костных частицах в форме гидроксиапатитов костной ткани, что затрудняет их доступность и усвоение в организме рыб [Щербина, Гамыгин, 2006].

При глубоком гидролизе личинки основная масса минеральных веществ переходит в водонерастворимую фракцию (см. табл. 1, 24,79%), что обуславливает актуальность исследования ее минерального состава и оценку рациональности введения в составе комбикормов для рыб.

В таблице 5 приведены результаты определения содержания основных минеральных веществ в водонерастворимой (белково-минеральной) добавке, образующейся при термогидролизе личинки, а также опубликованные данные по минеральному составу целой личинки.

Таблица 5. Содержание минеральных веществ в водонерастворимой фракции (осадке) гидролизата личинки *Hermetia illucens*, мг/100 г

Table 5. Content of mineral substances in the water-insoluble fraction (sediment) of the hydrolyzate of the *Hermetia illucens* larva, mg/100 g

Минеральный компонент	Содержание	В личинке [Садыкова и др., 2021]
Кальций	518,5	197
Фосфор	654,8	714,9
Железо	24,7	53,1
Медь	2,1	1,17
Цинк	10,5	8,1
Хром	0,1	0,19
Натрий	18,4	110,9
Калий	919,6	10,4
Магний	326,2	290,1



Из данных таблицы 5 видно, что водонерастворимый гидролизат личинки богат ценными минеральными веществами. Основными минеральными веществами в нем являются (в мг/100 г): калий (919,6), фосфор (654,8), кальций (518,5), магний (326,2), что согласуется с литературными данными [Садыкова и др., 2021]. Перечисленные макро- и микроэлементы жизненно необходимы рыбам, они играют важную роль в жизнеобеспечении, особенно при выращивании в искусственных условиях, для чего вносятся в корма рыб в виде специальных премиксов [Щербина, Гамыгин, 2006].

Кальций является главным элементом минерального вещества кости и обеспечивает ее прочность. Большое влияние на усвоение кальция и рост рыб оказывает соотношение поступающих в организм кальция и фосфора. Для большинства видов рыб оно рекомендуется 1 : 2. Вместе они участвуют в процессах переваривания и всасывания питательных веществ, биологического окисления, гормональной регуляции, обеспечивают буферные свойства крови. Магний входит в состав тела рыб приблизительно в количестве 0,3%. Более половины магния сосредоточено в костной ткани, где он в совокупности с кальцием и фосфором (в виде фосфорнокислого магния) образует минеральный остов скелета, и его присутствие повышает прочность костной ткани. Железо рыбы получают в основном с пищей, оно играет важную роль в процессах дыхания и биологического окисления, принимает участие в переносе электронов, кроветворении. Без него в организме рыб развивается анемия. Натрий вместе с калием тесно участвуют в метаболическом обмене и осмотических процессах [Щербина, Гамыгин, 2006].

В связи с установлением ценного состава минеральных веществ в водонера-

створимой добавке, полученной высокотемпературным гидролизом, представляется рациональным вводить эту добавку в состав комбикормов лососевых и других ценных видов рыб не только как источник протеина, но и как источник жизненно необходимых для развития рыб минеральных веществ.

Анализ всех полученных результатов исследования позволяет сделать вывод, что кормовой потенциал личинки *Hermetia illucens* по содержанию основных органических веществ достаточно высокий. Но для его использования в качестве альтернативного источника белка и жира в кормовых технологиях аквакультуры рационально личинку предварительно подвергать высокотемпературной модификации. При этом из личинки можно получить две протеиновые добавки, представляющие собой привлекательные источники гидролизованных водорастворимых низкомолекулярных белков и водонерастворимых высокомолекулярных белков (пищевых волокон животного происхождения) – источников незаменимых аминокислот и ценных минеральных веществ. Отдельной добавкой в гидролизной технологии является жировая фракция – источник усвояемых энергетически ценных жирных кислот. Рекомендуется использовать все добавки в составе комбикормов для хищных ценных рыб в аквакультуре (лососевых, сиговых, форелевых) в дополнение к рыбной муке и рыбному жиру в качестве альтернативного источника. Полученные результаты и сделанные рекомендации согласуются с литературными данными [Belghit et al., 2018; Zarantoniello et al., 2018; Ушаков и др., 2020; Тышко и др., 2021; Садыкова и др., 2021]. Однако это требует экспериментальных подтверждений в специальных биологических испытаниях.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование показывает целесообразность гидролизной модификации личинки *Hermetia illucens* с получением двух видов протеиновых добавок в порошкообразной форме, обладающих повышенным содержанием белка и пониженным содержанием хитина, а также отдельной жировой фракции.

В сравнительных экспериментах установлен аминокислотный состав личинки и водорастворимой и водонерастворимой добавок, рассчитаны скоры 10 незаменимых аминокислот относительно их установленной потребности для лососевых, показавшие близость протеиновых добавок по аминокислотной сбалансированности протеинам рыбной муки – основному источнику животного белка в кормах для аквакультуры.

Проведен анализ содержания жирных кислот в липидной фракции личинки и жировой добавке, показавший приоритетное содержание насыщенных жирных кислот, наличие ценных мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот.

Установлено повышенное содержание в водонерастворимой добавке ценных минеральных веществ, играющих важную роль в жизнеобеспечении рыб (кальций, фосфор, магний, цинк, железо, калий), что свидетельствует о целесообразности ее кормового использования.

По результатам исследования рекомендовано для введения в корма рыб личинки *Hermetia illucens* проводить ее предварительный термогидролиз, что потенциально повысит усвояемость ее компонентов в составе комбикормов для лососевых.

## ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследования выполнены в рамках государственного задания Федерального агент-

ства по рыболовству по теме: «Получение биологически активных веществ из побочных и недовостребованных водных биологических ресурсов для рыбоводных и технических целей» (Рег. № 122030900082-3).

## БЛАГОДАРНОСТИ

Благодарим директора консультационно-исследовательской лаборатории UBF (Германия), доктора Томаса Мерзеля за помощь с аналитическими исследованиями.

## ЛИТЕРАТУРА

- Лагуткина Л.Ю. 2017. Перспективное развитие мирового производства кормов для аквакультуры: альтернативные источники сырья. *Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство*. № 1. С. 67–78.
- Матросова С.В., Лябзина С.Н., Горбач В.В., Ильмаст Ю.Н. 2023. Оценка эффективности кормления радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) диетой на основе личинки черной львинки. *Известия КГТУ*. № 71. С. 11–23.
- Мезенова О.Я. 2019. Биотехнологические способы получения протеиновых и белково-минеральных добавок из вторичного рыбного сырья копильных производств. *Известия вузов. Пищевая технология*. № 2–3. С. 68–71.
- Мезенова О.Я., Тишлер Д., Агафонова С.В. и др. 2021. Исследование и рациональное применение пептидных и липидных композиций, получаемых при гидролизной переработке коллагенсодержащих тканей. *Вестник Международной академии холода*. № 1. С. 46–58.
- Мезенова О.Я., Максимова С.Н., Агафонова С.В. и др. 2023. Оценка биопотенциала вторичного крабового сырья и продуктов его гидролиза для использования в аквабиотехнологии. *Вестник*

- Международной академии холода*. № 3. С. 44–53. DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-3-44-52.
- Некрасов Р.В., Чабаев М.Г., Зеленченкова А.А. и др. 2019. Питательные свойства личинок *Hermetia illucens* L. – нового кормового продукта для молодняка свиней (*Sus scrofa domestica* Erxleben). *Сельскохозяйственная биология*. Т. 54. № 2. С. 316–325.
- Садыкова Э.О., Шумакова А.А., Шестакова С.И., Тышко Н.В. 2021. Пищевая и биологическая ценность биомассы личинок *Hermetia illucens*. *Вопросы питания*. Т. 90. № 2. С. 73–82. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-2-73-82>.
- Требух М.Д., Тышко Н.В., Садыкова Э.О. и др. 2024. Изучение влияния биомассы личинок черной львинки (*Hermetia illucens*) на иммунный статус крыс. *Вопросы питания*. Т. 93. № 2. С. 41–51. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2024-93-2-41-51>.
- Тышко Н.В., Жминченко В.М., Никитин Н.С. и др. 2021. Комплексные исследования биологической ценности белка личинки *Hermetia illucens*. *Вопросы питания*. Т. 90. № 5. С. 49–58. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-5-49-58>.
- Ушакова Н.А., Пономарев С.В., Федоровых Ю.В., Бастратов А.И. 2018. Использование протеин-хитинового концентрата личинок черной львинки (*Hermetia illucens*) в рационе всеядных рыб на примере красной тилапии. *Известия Уфимского научного центра РАН*. № 3. С. 57–62.
- Ушакова Н.А., Пономарев С.В., Федоровых Ю.В. и др. 2020. Физиологические основы питательной ценности концентрата личинок *Hermetia illucens* в рационе рыб. *Известия РАН. Серия биологическая*. № 3 С. 293–300.
- Щербина М.А., Гамыгин Е.А. 2006. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. Москва: Изд-во ВНИРО. 360 с.
- Belghit I., Liland N., Gjesdal P. et al. 2018. Black soldier fly larvae meal can replace fish meal in diets of sea-water phase Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. Vol. 503. P. 609–619. DOI:10.1016/j.aquaculture.2018.12.032.
- Fairuz Liyana Mohd Rasdi, Ahmad Razali Ishak, Pui Wee Hua et al. 2022. Growth and development of black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.), Diptera: Stratiomyidae) larvae grown on carbohydrate, protein, and fruit-based waste substrates. *Malaysian Applied Biology*. Vol. 51 (6). P. 57–64. DOI: 10.55230/mabjournal.v51i6.2386.
- Henry M., Gasco L., Piccolo G., Fountoulaki E. 2015. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. *Animal Feed Science and Technology*. Vol. 203. P. 1–22.
- Lock E.R., Arsiwalla T., Waagbø R. 2016. Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolt. *Aquaculture nutrition*. Vol. 22 (6). P. 1202–1213.
- Shakhova E., Mezenova O., Romanenko N. et al. 2023. Effect of inclusion of fish protein hydrolysate in diet for european whitefish (*coregonus lavaretus linnaeus*, 1758) juveniles on their hematological parameters. *BIO Web of Conferences* 64, 01010. *Agro-Bio-Technologies*. Vol. 64. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236401010>.
- Spranghers T., Ottoboni M., Klootwijk C. et al. 2017. Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 97. P. 2594–2600. DOI: 10.1002/jsfa.8081.

Zarantoniello M., Randazzo B., Truzzi C. et al. 2019. A six-months study on black soldier fly (*Hermetia illucens*) based diets in zebrafish. *Scientific Reports*. 9. Art. № 8598. DOI: 10.1038/s41598-019-45172-5.

## REFERENCES

- Lagutkina L.Yu. 2017. Prospective development of world production of feed for aquaculture: alternative sources of raw materials. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Rybnoye khozyaystvo (Vestnik of the Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry)*. № 1. P. 67–78 (in Russian).
- Matrosova S.V., Lyabzina S.N., Gorbach V.V., Ilmast Yu.N. 2023. Evaluation of the effectiveness of feeding rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with a diet based on black soldier fly larvae. *Izvestiya KGTU (KSTU News)*. № 71. P. 11–23 (in Russian).
- Mezenova O.Ya. 2019. Biotechnological methods for obtaining protein and protein-mineral additives from secondary fish raw materials of smoking plants. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya (News of Institution of higher education “Food Technology”)*. № 2–3. P. 68–71 (in Russian).
- Mezenova O.Ya., Tishler D., Agafonova S.V. et al. 2021. Research and rational use of peptide and lipid compositions, obtained during hydrolysis processing of collagen-containing tissues. *Vestnik Mezhdunarodnoy akademii kholoda (Journal International Academy of Refrigeration)*. № 1. P. 46–58 (in Russian).
- Mezenova O.Ya., Maksimova S.N., Agafonova S.V. et al. 2023. Assessment of the biopotential of secondary crab raw materials and products of its hydrolysis for use in aquabiotechnology. *Vestnik Mezhdunarodnoy akademii kholoda (Journal International Academy of Refrigeration)*. № 3. P. 44–53. DOI: 10.17586/1606-4313-2023-22-3-44-52 (in Russian).
- Nekrasov R.V., Chabaev M.G., Zelenchenkova A.A. et al. 2019. Nutritional properties of *Hermetia illucens* larvae, a new feed product for young pigs (*Sus scrofa domestica* Erxleben). *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya (Agricultural Biology)*. Vol. 54. № 2. P. 316–325 (in Russian).
- Sadykova E.O., Shumakova A.A., Shestakova S., Tyshko N.V. 2021. Nutritional and biological value of *Hermetia illucens* larvae biomass. *Voprosy pitaniya (Problems of Nutrition)*. Vol. 90. № 2. P. 73–82. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-2-73-82> (in Russian).
- Trebukh M.D., Tyshko N.V., Sadykova E.O. et al. 2024. Impact of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae biomass on the immune status of rats. *Voprosy pitaniya (Problems of Nutrition)*. Vol. 93. № 2. P. 41–51. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2024-93-2-41-51> (in Russian).
- Tyshko N.V., Zhminchenko V.M., Nikitin N.S. et al. 2021. Comprehensive studies of the biological value of the protein of the larva of *Hermetia illucens*. *Voprosy pitaniya (Problems of Nutrition)*. Vol. 90. № 5. P. 49–58. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-5-49-58> (in Russian).
- Ushakova N.A., Ponomarev S.V., Fedorovykh Yu.V., Bastrakov A.I. 2018. The use of protein-chitin concentrate of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) in the diet of omnivorous fish using the example of red tilapia. *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN (Proceedings of the RAS Ufa Scientific Center)*. № 3. P. 57–62 (in Russian).
- Ushakova N.A., Ponomarev S.V., Fedorovykh Yu.V. et al. 2020. Physiological basis of the nutritional value of *Hermetia illucens* larvae concentrate in the fish

- diet. *Izvestiya RAN. Seriya biologicheskaya (News of RAS. Biological series)*. № 3. P. 293–300 (in Russian).
- Shcherbina M.A., Gamygin E.A. 2006. Feeding fish in freshwater aquaculture. Moscow: VNIRO Publ. 360 p. (in Russian).
- Belghit I., Liland N., Gjesdal P. et al. 2018. Black soldier fly larvae meal can replace fish meal in diets of sea-water phase Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. Vol. 503. P. 609–619. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2018.12.032.
- Fairuz Liyana Mohd Rasdi, Ahmad Razali Ishak, Pui Wee Hua et al. 2022. Growth and development of black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.), Diptera: Stratiomyidae) larvae grown on carbohydrate, protein, and fruit-based waste substrates. *Malaysian Applied Biology*. Vol. 51 (6). P. 57–64. DOI: 10.55230/mabjournal.v51i6.2386.
- Henry M., Gasco L., Piccolo G., Fountoulaki E. 2015. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. *Animal Feed Science and Technology*. Vol. 203. P. 1–22.
- Lock E.R., Arsiwalla T., Waagbø R. 2016. Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolt. *Aquaculture nutrition*. Vol. 22 (6). P. 1202–1213.
- Shakhova E., Mezenova O., Romanenko N. et al. 2023. Effect of inclusion of fish protein hydrolysate in diet for european whitefish (*coregonus lavaretus linnaeus*, 1758) juveniles on their hematological parameters. *BIO Web of Conferences* 64, 01010. *Agro-Bio-Technologies*. Vol. 64. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20236401010>.
- Spranghers T., Ottoboni M., Klootwijk C. et al. 2017. Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 97. P. 2594–2600. DOI: 10.1002/jsfa.8081.
- Zarantoniello M., Randazzo B., Truzzi C. et al. 2019. A six-months study on black soldier fly (*Hermetia illucens*) based diets in zebrafish. *Scientific Reports*. 9. Art. № 8598. DOI: 10.1038/s41598-019-45172-5.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Мезенова Ольга Яковлевна** – Калининградский государственный технический университет; 236022, Россия, Калининград; доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Пищевая биотехнология», профессор кафедры «Пищевая биотехнология»; mezenova@klgtu.ru. SPIN-код: 7569-2010, Author ID: 381475; Scopus ID: 18935886800.

**Mezenova Olga Jakovlevna** – Kaliningrad State Technical University; 236022, Russia, Kaliningrad; Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Food Biotechnology Chair, Professor of the Food Biotechnology Chair; mezenova@klgtu.ru. SPIN-code: 7569-2019, Author ID: 381475; Scopus ID: 18935886800.

**Агафонова Светлана Викторовна** – Калининградский государственный технический университет; 236022, Россия, Калининград; кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевая биотехнология»; svetlana.agafonova@klgtu.ru. SPIN-код: 2505-4522, Author ID: 846706; Scopus ID: 57222610902.

**Agafonova Svetlana Viktorovna** – Kaliningrad State Technical University; 236022, Russia, Kaliningrad; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Food Biotechnology Chair; svetlana.agafonova@klgtu.ru. SPIN-code: 2505-4522, Author ID: 846706; Scopus ID: 57222610902.

**Романенко Наталья Юрьевна** – Калининградский государственный технический университет; 236022, Россия, Калининград; кандидат технических наук, доцент кафедры «Пищевая биотехнология»; nataliya.mezenova@klgtu.ru. SPIN-код: 3463-3364, Author ID: 847056; Scopus ID: 57222615181.

**Romanenko Natalya Yuryevna** – Kaliningrad State Technical University; 236022, Russia, Kaliningrad; Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Food Biotechnology Chair; nataliya.mezenova@klgtu.ru. SPIN-code: 3463-3364, Author ID: 847056; Scopus ID: 57222615181.

**Калинина Наталья Сергеевна** – Калининградский государственный технический университет; 236022, Россия, Калининград; заведующая лабораторией кафедры «Пищевая биотехнология»; natalya.kalinina@klgtu.ru. SPIN-код: 8045-9518, Author ID: 1180671.

**Kalinina Natalya Sergeevna** – Kaliningrad State Technical University; 236022, Russia, Kaliningrad; Head of the Laboratory of the Food Biotechnology Chair; natalya.kalinina@klgtu.ru. SPIN-code: 8045-9518, Author ID: 1180671.

**Волков Владимир Владимирович** – Калининградский государственный технический университет; 236022, Россия, Калининград; директор Центра белка кафедры «Пищевая биотехнология»; vladimir.volkov@klgtu.ru. SPIN-код: 3963-1831, Author ID: 1005933; Scopus ID: 57221223494.

**Volkov Vladimir Vladimirovich** – Kaliningrad State Technical University; 236022, Russia, Kaliningrad; Director of the Protein Center of the Food Biotechnology Chair; vladimir.volkov@klgtu.ru. SPIN-code: 3963-1831, Author ID: 1005933; Scopus ID: 57221223494.

**Лихварь Маргарита Владимировна** – ИП Лихварь; 236038, Россия, Калининград; управляющий производством; kislinskayamv@gmail.com.

**Likhvar Margarita Vladimirovna** – IE Likhvar; 236038, Russia, Kaliningrad; Production Manager; kislinskayamv@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 22.05.2024; одобрена после рецензирования 20.05.2024; статья принята к публикации: 10.09.2024.

The article was submitted 22.05.2024; approved after reviewing 20.05.2024; accepted for publication 10.09.2024.

## **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 предпочтения 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](mailto: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](http://www.kamchatgtu.ru)), Научной электронной библиотеки ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)), в иных базах данных научной информации, электронно-библиотечных системах, научных информационных ресурсах в сети Интернет и доведения до всеобщего сведения, обработки и систематизации в других базах цитирования, а также для включения в аналитические и статистические отчеты без ограничения по сроку.

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф. И. О. автора)

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

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

Главный редактор Т.А. Ключкова

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

Адрес редакции, издателя:

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

Дата выхода в свет 27.09.2024 г.  
Формат 60\*84/8. Печать цифровая. Гарнитура PT Astra Serif  
Авт. л. 9,73. Уч.-изд. л. 10,93. Усл. печ. л. 15,58  
Тираж 500 экз. Заказ № 5123-24

Подписной индекс в каталоге «Почта России» ПН093

Цена свободная

Отпечатано по заказу ООО «Опора»  
680012, Хабаровский край, г. Хабаровск, ул. Павла Леонтьевича Морозова, д. 87, оф. 212  
в типографии ООО «Амирит»  
410004, РФ, г. Саратов, ул. Чернышевского, 88, литер У, тел. 88007008633

ISSN 2079-0333



9 772079 033418 >